3,485/c
K
N.1x.m
19
DR. ERNST DARMSTAEDTER
No. 531
COLLECTION

Digitized by the Internet Archive
in 2016 with funding from
Wellcome Library

https://archive.org/details/b22013052

Neue

Modifikation des Lichtes

durch

gegenseitige Einwirkung und Beugung der Strahlen, und Gesetze derselben.

Von

Jos. Fraunhofer

in

München.

Gedruckt mit Lentner'schen Schriften.

WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

Neue Modifikation des Lichtes

durch

gegenseitige Einwirkung und Beugung der Strahlen, und Gesetze derselben,

von

Jos. Fraunhofer

in München.

Alle Versuche, bey welchen der Naturforscher mit einem durch gute Sehwerkzeuge bewaffneten Auge beobachten kann, zeichnen sich bekanntlich durch einen hohen Grad von Genauigkeit aus; und es hätten selbst viele der wichtigsten Entdeckungen, ohne diese Werkzeuge, nicht gemacht werden können. Bey den Versuchen mit Beugung des Lichtes konnte man bis jetzt, ausser einer Luppe, keine Sehwerkzeuge mit Vortheil anwenden, und dieses mag vielleicht eine der Ursachen seyn, weſswegen man in diesem Theile der physischen Optik noch weit zurück ist, und warum man noch so wenig von den Gesetzen dieser Modifikation des Lichtes weifs. Da bey kleinen Neigungswinkeln die Brechung und Zurückwerfung des Lichtes durch die Beugung geändert werden, und in vielen anderen

 Fäl-

Fällen die Beugung eine wichtige Rolle spielt, die oft ganz unbeachtet bleiben muſs, so ist sehr zu wünschen mit den Gesetzen derselben genau bekannt zu werden; um so mehr, da ihre Kenntniſs zugleich mit der Natur des Lichtes näher bekannt macht.

Wenn man den durch eine kleine Oeffnung in ein finsteres Zimmer geleiteten Sonnenstrahl in einiger Entfernung mit einem dunklen Schirme, der eine schmale Oeffnung enthält, auffängt, und man läſst das durch die Oeffnung des Schirmes fahrende Licht, etwas entfernt hinter denselben, auf eine weiſse Fläche, oder auf ein mattgeschliffenes Glas fallen, so sieht man, wie bekannt, daſs der beleuchtete Theil der Fläche gröſser ist, als die schmale Oeffnung des Schirmes, und daſs er Farbensäume hat, daſs folglich das Licht durch diese Oeffnung abgelenkt oder gebeugt wurde. Die Ablenkung ist um so gröſser, je schmäler die Oeffnung des Schirmes ist. Der Schatten eines jeden Körpers, der in einem finstern Zimmer in das durch eine kleine Oeffnung im Fensterladen fahrende Sonnen-Licht gestellt wird, ist von Farbensäumen begränzt, die aber, bey einerley Entfernung der Fläche, mit welcher man den Schatten auffängt, bey allen Körpern gleichgroſs sind. Der Schatten eines schmalen Körpers, z. B. eines Haares, hat auſser den äuſsern Farbensäumen deren auch noch im Innern des Schattens, die sich mit der Dicke des Haares ändern, übrigens aber Aehnlichkeit mit den äussern haben*). Da die Farbensäume sehr klein sind, auch noch durch die Fläche, mit welcher man den Schatten auffängt, der gröſste Theil des Lichtes verloren geht, so ist von der bisher angewandten Art, die Erscheinungen der Beugung zu beobachten, keine grosse Genauigkeit zu erwarten; um so mehr, da man auf diese Art die Winkel der Ablenkung des Lichtes, durch welche allein man mit den

*) Was über die Beugung des Lichtes bekannt ist, findet man in *Biot's traité de physique exp. et math. T.* 4 *p.* 745; und in den Göttinger Commentarien Vol. IV. p. 49.

den Gesetzen der Beugung bekannt werden kann, nicht erfährt. Man hat bisher diese Winkel, welche mit dem Weg des gebeugten Lichtes bekannt machen sollen, aus der Gröfse der Farbensäume, und ihrer Entfernung vom beugenden Körper, berechnet; aber mit Voraussetzungen, welche, wie man sehen wird, der Wahrheit nicht entsprechen, und daher falsche Resultate geben.

Die Anzahl der unter sich verschiedenen optischen Erscheinungen ist in unserer Zeit so grofs geworden, dafs es einiger Vorsicht bedarf, um Täuschungen zu entgehen, und die Erscheinungen immer auf die einfachen Gesetze zurück zu führen. Mehr als bey allen übrigen ist dieses, wie man sehen wird, bey der Beugung des Lichtes der Fall. Ich lasse daher die Versuche, welche ich zur Bestimmung der Gesetze der Beugung des Lichtes machte, in einer anderen Ordnung folgen, als in der, wie ich darauf geführt wurde, wodurch viele Versuche überflüfsig werden, und eine bessere Uebersicht erreicht wird.

Beugung des Lichtes durch eine einzelne Oeffnung.

Um alles durch eine schmale Oeffnung gebeugte Licht in das Auge zu bekommen, und die Erscheinungen stark vergröfsert zu sehen, noch mehr aber, um die Winkel der Ablenkung des Lichtes unmittelbar messen zu können, stellte ich einen Schirm, der eine schmale vertikale Oeffnung enthielt, die durch eine Schraube breiter oder schmäler gemacht werden konnte, vor das Objectiv eines Theodolith-Fernrohrs. Ich liefs mit einem Heliostat in einem finsteren Zimmer, durch eine schmale Oeffnung, Sonnenlicht auf den Schirm fallen, durch dessen Oeffnung es folglich gebeugt wurde. Durch das Fernrohr konnte ich alsdann die Erscheinungen, welche die Beugung des Lichtes hervorbringt, vergröfsert, und doch mit hinläng-

länglicher Helligkeit beobachten, zugleich aber auch die Winkel der Ablenkung des Lichtes mit dem Theodolith messen.

Die Farben, welche durch die Beugung des Lichtes bey einer einzelnen Oeffnung hervorgebracht werden, sind in Hinsicht ihrer Folgen jenen der Newtonischen Farbenringe, welche durch Berührung zweyer wenig convexen Gläser entstehen, ähnlich; mit dem Unterschied, dafs bey letzteren in der Mitte ein schwarzer Flecken gesehen wird, bey ersteren aber nicht. Fig. III. Tab. I. wird der Beschreibung zu Hülfe kommen. Wenn man das Fernrohr des Theodolith so gestellt hat, dafs man, ohne den Schirm, durch welchen das Licht gebeugt werden soll, die Oeffnung am Heliostat sieht, und der Mikrometerfaden sie schneidet, und man bringt dann wieder den Schirm, dessen Oeffnung sehr schmal seyn mufs, vor das Objectiv, so wird man in der Mitte des Gesichtsfeldes einen weifsen Streifen $L^I L^I$ sehen; der Mikrometerfaden wird in der Mitte desselben in K stehen. Dieser Streifen wird gegen beyde Enden L^I zu gelb, und endlich roth. Im Raume $L^I L^{II}$ ist ein lebhaftes Farben-Spectrum, welches bey L^I indigo, dann blau, grün, gelb und gegen L^{II} roth ist. Das Farbenspectrum im Raume $L^{II} L^{III}$ ist ungleich weniger intensiv, als das vorhergehende; die Ordnung der Farben ist: bey L^{II} blau, dann grün, gelb, und gegen L^{III} roth. Das Spectrum im Raume $L^{III} L^{IV}$ ist wieder schwächer, als das vorhergehende; es ist gegen L^{III} zu grün, gegen L^{IV} roth. Es folgen noch eine grofse Zahl Spectra, die aber immer schwächer werden, bis sie nicht mehr zu unterscheiden sind, und nur noch ein horizontaler Lichtstreifen zu sehen ist, der sich aber in einem sehr grossen Raum ausbreitet. Die beschriebenen Spectra sind zu beyden Seiten von K vollkommen gleich, also symmetrisch. Die Uebergänge von einer Farbe in die andere sind nicht scharf begränzt, sondern unmerklich; ebenso der Uebergang von einem Spectrum in das andere.

Das

Das Instrument, mit welchem ich beobachtet und die Winkel gemessen habe, ist im Wesentlichen ein 12 zölliges repetirendes Theodolith, welches mittelst der Verniers auf 4″ theilt. In der Mitte des Kreises ist, oberhalb demselben, eine ebene horizontale Scheibe von 6 Zoll Durchmesser, die sich um ihre eigene Axe dreht, und deren Mittelpunkt genau in der Axe des Theodolith liegt. Sie hat ihre eigene Theilung auf 10″. Auf die Mitte dieser Scheibe wird der Schirm gestellt, durch welchen das Licht gebeugt wird, der demnach in der Axe des Theodolith steht, wodurch die Correctionen, die ohne dieses, wegen der Entfernung des beugenden Körpers von der Axe, an den gemessenen Winkeln gemacht werden müfsten, wegfallen. Die Eintheilung der Scheibe mufs dazu dienen, nöthigenfalls den Winkel des einfallenden Lichts u. s. w. messen zu können. Aufserhalb der Scheibe, in der Entfernung von $3\frac{1}{3}$ Zoll von der Mitte, fängt erst das Fernrohr an, dessen Objectiv 20 Linien Oeffnung und 16,9 Zoll Brennweite hat; es ist mit der Alhidade des 12 zölligen Kreises verbunden, und gehörig balancirt. Die Axe des Fernrohres ist mit der Ebene des Kreises parallel, und genau horizontal. Ich bediente mich einer 30 auch 50 maligen Vergröfserung. Das ganze Instrument ist vom Boden isolirt. In der Verlängerung der optischen Axe $463\frac{1}{2}$ Zoll von der Mitte des Theodolith entfernt, ist das Heliostat, dessen Stunden-Bewegung mittelst einer Schraube und eines daran befindlichen, bis zum Standpunkte des Theodolith reichenden Gestänges gemacht wird, um das Sonnenlicht willkührlich zu verstärken oder zu schwächen. Die Oeffnung am Heliostat ist vertikal, 2 Zoll lang, und kann breiter oder schmäler gemacht werden. Ich hatte sie gewöhnlich nur 0,01 bis 0,02 Zoll breit.

Die Breite der Oeffnung des Schirmes habe ich mit einem eigens zu diesem Zwecke eingerichteten achromatischen Mikroskop gemessen; weil sie im hohen Grad genau bekannt seyn soll. An

dem

dem Fufse dieses Mikroskops ist ein Schieber, der durch eine feine Schraube, von welcher nahe 88 Umgänge auf einen Pariser Zoll gehen, nach einer Richtung bewegt werden kann; auf diesen Schieber wird der Schirm so befestigt, dafs die Oeffnung desselben, welche man messen will, vertikal auf die Schraube gerichtet ist. Im Ocular des Mikroskops ist ein Kreuzfaden, welchen man mit dem Gegenstande zugleich deutlich sieht. Man bringt mittels der Schraube, die den Schieber bewegt, vorher den einen, dann den anderen Rand des Gegenstandes mit einem Rande des Fadens in Berührung, und liest jedesmal den Stand der Schraube ab; die Differenz ist der Durchmesser des Gegenstandes in Schraubenumgängen, unabhängig von der Construction der optischen Theile des Mikroskops, der Vergrösserung u. s. w. Da der Umkreis des Schraubenkopfes durch einen Vernier in 1000 Theile getheilt wird, so erfährt man den Durchmesser eines scharf begränzten Gegenstandes mindestens auf 0,00002 eines Zolles genau; in vielen Fällen auch auf 0,00001. Ich habe gewöhnlich ein Objectiv gebraucht, mit welchem das Mikroskop die Durchmesser der Gegenstände 110 mal vergrössert.

Da in keinem, durch Beugung des Lichtes bey einer einzelnen schmalen Oeffnung entstandenen Farbenspectrum ein bestimmter Anhaltspunkt zu entdecken ist, so nahm ich beym Messen der Winkel der Ablenkung, den Uebergang von einem Spectrum in das andere, das ist, L^{I}, L^{II}, L^{III} u. s. w., oder das rothe Ende eines jeden Spectrum. Ich habe die Abstände $L^{I}L^{I}$, $L^{II}L^{II}$ u. s. w. mindestens durch dreymalige Repetition bestimmt; die Hälften dieser Abstände sind demnach die Ablenkung von der Mitte, oder KL^{I}, KL^{II} u. s. w. Ich werde den Winkel dieser Ablenkung von der Mitte mit L^{I}, L^{II} u. s. w. bezeichnen. Alle Spectra, welche bey einer einzelnen Oeffnung durch Beugung entstehen, werde ich *äussere* nennen, blos um sie von anderen Arten, von welchen in der Folge die Rede seyn wird, zu unterscheiden. Folgende Tabelle ent-

enthält die Winkel der Ablenkung des Lichtes durch Oeffnungen von verschiedener Breite. Ich bezeichne diese Breite durch γ; sie ist immer in Theilen eines Pariser Zolles ausgedrückt. Das arithmetische Mittel von L^I, $\frac{L^{II}}{2}$, $\frac{L^{III}}{3}$ u. s. w. benenne ich mit L.

Nro.	Breite der Oeffnung in Theilen eines Pariser Zolles. γ	L^I	L^{II}	L^{III}	L^{IV}	Arithmetisches Mittel. L	Produkt der Oeffnung in den Bogen L $L\gamma$
1	0,11545	37″,58	1′ 15″,5	1′ 53″		37″,66	0,0000210
2	0,06098	1′ 11″,6	2′ 22″,7	3′ 31″,7	4′ 44″,7	1′ 11″,17	0,0000210
3	0,03690	1′ 57″,1	3′ 53″,3	5′ 48″,3		1′ 56″,6	0,0000209
4	0,02346	3′ 4″	6′ 7″,7	9′ 16″,3		3′ 4″,43	0,0000210
5	0,01237	5′ 48″,5	11′ 38″	17′ 26″,5	23′ 14″,7	5′ 48″,7	0,0000209
6	0,01210	6′ —	12′ 1″	18′ 14″	24′ 9″	6′ 1″,84	0,0000212
7	0,01020	6′ 56″	13′ 56″	20′ 54″		6′ 57″,3	0,0000206
8	0,00671	11′ 6″	22′ 12″,7	33′ 14″	44′ 35″	11′ 6″,4	0,0000217
9	0,00642	11′ 11″	22′ 18″	33′ 43″	44′ 58″	11′ 12″,2	0,0000209
10	0,00337	21′ 3″	42′ 16″	1° 4′ —		21′ 10″,3	0,0000207
11	0,00308	23′ 31″	47′ 6″	1° 10′ 43″		23′ 32″,7	0,0000211
12	0,00218	33′ 30″	1° 7′ 40″			33′ 40″	0,0000213
13	0,00215	35′ 24″,7	1° 10′ 16″			35′ 17″	0,0000220
14	0,00114	1° 4′ 53″				1° 4′ 53″	0,0000215

Die in dieser Tabelle enthaltenen Winkel sind alle so angegeben, wie ich sie erhielt, ganz ohne Correction, und es wird daher nicht schwer, die Gränze der Genauigkeit zu beurtheilen. Da der Uebergang von einem Spectrum in das andere nicht scharf begränzt ist, und innerhalb gewisser Gränzen geschätzt werden muſs, bey groſsen Spectren aber, d. i. bey sehr kleinen Oeffnungen des

mes, diese Gränzen entfernter liegen, so können bey diesen die Winkel nicht so gut unter sich übereinstimmen, wie bey gröfseren Oeffnungen des Schirmes oder kleinen Spectren; das Verhältnifs der Genauigkeit ist jedoch nahe dasselbe. Innerhalb der Gränzen der Genauigkeit folgt demnach aus dieser Tabelle:

Bey einzelnen Oeffnungen von verschiedener Breite verhalten sich die Winkel der Ablenkung des Lichtes, umgekehrt wie die Breiten der Oeffnungen.

In dem, durch eine schmale Oeffnung gebeugten Lichte folgen die Abstände der rothen Strahlen der verschiedenen Spectra von der Mitte, zu beyden Seiten, in dem Verhältnifs der Glieder einer arithmetischen Reihe, in welcher die Differenz dem ersten Gliede gleich ist.

Dafs dieses Gesetz auch für die übrigen farbigen Strahlen gilt, wird sich aus späteren Versuchen ergeben; eben so, dafs es auch für die von der Axe weit entfernten Spectra richtig ist.

Bey irgend einer Breite der Oeffnung, welche in Theilen eines Pariser Zolles γ genannt wurde, ist, wenn man unter L^{I}, L^{II} u. s. w. die Bögen für den Radius 1 versteht, allgemein:

$$L^{I} = \frac{0{,}0000211}{\gamma}$$

$$L^{II} = 2. \frac{0{,}0000211}{\gamma}$$

$$L^{III} = 3. \frac{0{,}0000211}{\gamma} \text{ u. s. w.}$$

Um

Um zu sehen, ob die durch Beugung entstandenen Farben-Spectra aus homogenem Lichte bestehen, befestigte ich ein kleines Flintglasprisma von ohngefähr 20° so vor das Okular des Theodolithfernrohrs, dafs die Axe des Prisma horizontal lief, und die Spitze nach Unten gekehrt war. Hat man bey diesem Okular im Gesichtsfelde des Fernrohrs ein homogenes Farbenspectrum, z. B. das, welches man erhält, wenn man vor das Objectiv ein gutes Prisma stellt, so wird man in jeder Farbe den Kreuzfaden im Okular sehen; hat man aber kein homogenes Licht im Gesichtsfelde, so wird der horizontale Faden verschwinden. Die Ursache ist nicht schwer einzusehen. Bringt man die durch Beugung bey einer einzelnen Oeffnung des Schirmes entstandenen Farbenspectra in das Gesichtsfeld, so sieht man bey dem ersten und zweyten keine Spur des horizontalen Fadens; bey dem dritten Spectrum glaubt man etwas zu bemerken; bey dem vierten Spectrum sieht man ihn etwas bestimmter, doch noch sehr undeutlich; diese Undeutlichkeit vermindert sich bey den folgenden Spectren allmählig mehr, so dafs man weit von der Mitte entfernt, den horizontalen Faden etwas begränzt sieht. Demnach bestehen die der Axe nahen Spectra nicht aus homogenem Lichte; die weiter von der Axe entfernten werden allmählich homogen.

Das untere horizontale rothe Ende der ersten Spectra wird durch das Prisma am Okular blau gesehen; das obere blaue Ende aber dieser Spectra roth, was ebenfalls beweist, dafs die ersten Spectra nicht aus homogenem Lichte bestehen; denn in einem durch ein Prisma gebildeten Spectrum läfst sich aus rothen Strahlen kein blaues Licht hervorbringen, so wie aus den blauen kein rothes. Da durch das Okularprisma das Licht gebrochen wird, und, der verschiedenen Brechbarkeit der verschiedenfarbigen Strahlen wegen, z. B. die blauen stärker als die rothen, so ist, wenn ein homogenes Farbenspectrum im Gesichtsfelde ist, welches ohne Okularpris-

ma horizontal wäre, der Faden mit dem Okularprisma nicht horizontal, sondern an dem Ende, wo er in die brechbareren Strahlen weist, tiefer, an dem entgegengesetzten Ende höher, und hat daher eine schiefe Lage, was leicht einzusehen ist. Da bey den durch Beugung entstandenen Spectren, diejenigen, welche weit von der Axe entfernt sind, sich gegenseitig decken, und immer ein Theil des Spectrums in das vorhergehende und folgende fällt, was aus dem zweyten oben angeführten Gesetze entspringt, und weswegen diese Spectra schwerer zu unterscheiden sind, so dient die schiefe Lage des Fadens sich von ihrem Daseyn besser zu überzeugen, und sie zu zählen. Man sieht nämlich, wenn mehrere Spectra, die sich gegenseitig decken, im Gesichtsfelde sind, so viel schiefliegende Fäden, als das Gesichtsfeld Spectra enthält. Ich werde weiter unten auf diesen Gegenstand zurückkommen.

So wie ich die Beugung des Lichts durch eine schmale Oeffnung oben beschrieben habe, geschieht sie, wenn die zwey Schneiden, welche die schmale Oeffnung bilden, von dem Objectiv, oder dem leuchtenden Punkt, gleiche Entfernung haben. Ich untersuche jetzt den Fall, wenn diese zwey Schneiden von dem Objectiv nicht gleichweit entfernt sind, und für den auffallenden Strahl doch nur eine schmale Oeffnung bilden.

Auf einer Scheibe *a b c* Fig. I. Tab. II., die sanft um ihre Mitte gedreht werden kann, und welche horizontal vor dem Objectiv *d* eines Fernrohrs liegt, und mit dem Fernrohr fest verbunden ist, stehen zwey Schirme, deren Schneiden *e f* und *g h* vertikal und genau geradlinigt sind, und wovon der eine dem Objectiv näher ist, als der andere. Ein Lichtstrahl *k d*, der horizontal auffält, wird daher auf der einen Seite an der Schneide *e f*, auf der andern an *g h* vorbeyfahren. Diese Schneiden werden für das auffallende Licht eine schmale vertikale Oeffnung bilden, die um so kleiner ist, je

nä-

näher diese Schneiden an der optischen Axe sind; haben sie beyde diese Axe durchschnitten, so bilden sie keine schmale Oeffnung mehr, und es kann kein Licht auf das Objectiv gelangen. Die Oeffnung, welche die beyden Schneiden dem auffallenden Lichte lassen, kann durch Umdrehen der horizontalen Scheibe um ihre Mitte, in der Richtung von *b* nach *c* kleiner gemacht werden, in der entgegengesetzten Richtung gröfser.

Dreht man die horizontale Scheibe so, dafs die beyden Schneiden der Schirme dem Lichte eine Oeffnung von ohngefähr 0,02 bis 0,04 Zoll lassen, so haben die durch die Beugung an den zwey Schneiden entstandenen Spectra das Ansehen, wie wenn sie durch Schneiden die nebeneinander liegen, gebilden worden wären; dreht man aber in der Richtung von *b* nach *c* fort, so dafs die Breite der Oeffnung allmählig kleiner wird, so nehmen die Spectra auf der einen Seite der Axe, in horizontaler Richtung, an Breite zu, während sie auf der andern nicht so schnell wachsen, d. i. die Spectra hören auf zu beyden Seiten der Axe symmetrisch zu seyn. Bey sehr kleinen Oeffnungen wird diese Ungleichheit so grofs, dafs ein Spectrum auf der einen Seite 2 bis 4 Mal so grofs seyn kann, als auf der andern. Bey fortgesetzten langsamen Drehen, in der Richtung von *b* nach *c*, fangen die gröfsern Spectra an, eines nach dem andern, zu verschwinden, und zwar so, dafs z. B. das fünfte Spectrum sich fast plötzlich in den ganzen sichtbaren Raum ausbreitet, und endlich unkenntlich wird; dann geschieht erst dasselbe dem vierten Spectrum; endlich dem dritten u. s. w. Auf der andern Seite der Axe ändern sich indefs die Spectra nicht auffallend. Sind alle Spectra auf der einen Seite verschwunden, so verschwinden endlich auch die auf der andern Seite; doch nicht eines nach dem andern, sondern alle zugleich; in dem Falle nämlich, wenn die Schneiden der beyden Schirme die optische Axe durchschnitten haben, und kein Licht mehr auf das Objectiv fällt. Die gröfseren Spectra sind

im-

immer auf der Seite, auf welcher der dem Objectiv nähere Schirm steht. Diese sonderbare Erscheinung der nichtsymmetrischen Spectra, und ihr Verschwinden, ist für die Theorie der Beugung des Lichtes von Interesse.

Bey allen oben beschriebenen Versuchen fiel das Licht am Heliostat durch eine schmale vertikale Oeffnung ein, damit man nur einen Strahl haben möge, oder dafs das Licht gleichsam wie von einer leuchtenden Linie käme. Die Ursache ist leicht einzusehen; es würde nämlich, in jedem andern Fall, jeder Strahl seine eigenen Spectra bilden, und deren soviel nebeneinander hinfallen, als Strahlen auffallen. Käme das Licht z. B. wie von einer leuchtenden Fläche, deren Breite im Winkel die Breite der Spectra übertrifft, so könnten durch eine schmale Oeffnung keine Farbenspectra zu unterscheiden seyn; weil die von der rechten Seite der leuchtenden Fläche kommenden Strahlen, das rothe Licht eben dahin brächten, wohin die von der linken Seite kommenden das blaue senden u. s. w., und das Licht ganz gemengt, folglich wieder weifs wäre. Da aber das Licht durch jede schmale Oeffnung gebeugt wird, so könnte man auf die Vermuthung gerathen, dafs das auf den Schirm am Theodolithfernrohr fallende Licht, durch die Oeffnung am Heliostat schon gebeugt wurde, und also modificirtes Licht auffalle. Obschon dieser Zweifel wegfällt, wenn man den Durchmesser der Sonne und einiges andere in Erwägung zieht, so habe ich doch noch eigene Versuche darüber angestellt. Es kömmt blos darauf an, dafs das Licht wie von einer leuchtenden Linie kömmt; ich verfertigte daher ein Glas, welches 2 Zoll lang, $\frac{1}{3}$ Zoll breit, auf einer Seite plan und auf der andern nach einem Cylinder von 0,66 Zoll Durchmesser erhaben gekrümmt war. Das Licht, welches auf dieses Glas fällt, wird nach der Brechung durch dasselbe so ausfahren, als käme es von einer Linie, die 0,62 Zoll von dem Glase entfernt ist. Die Oeffnung am Heliostat wurde $\frac{1}{4}$ Zoll breit gemacht, und das

cy-

cylinderische Glas davor gestellt. Wenn man den Weg des Lichtes durch dieses Glas verfolgt, so wird man begreifen, dafs kein am Rande der Oeffnung des Heliostats vorbeyfahrender Strahl, auf den vor dem Theodolithfernrohre stehenden Schirm fallen kann, und folglich kein gebeugtes Licht dahin gelangt. Bey diesem durch das cylinderische Glas auffallenden Lichte erscheinen die durch Beugung bey einer einzelnen schmalen Oeffnung entstandenen Spectra, und ihre Dimensionen vollkommen eben so, wie bey dem durch eine schmale Oeffnung am Heliostat einfallenden Lichte.

Durch einen Schirm, der eine lange schmale Oeffnung enthält, wird das Licht nur in einem Sinne gebeugt, bey meinem Schirme nämlich horizontal, weil die Oeffnung desselben vertikal ist. Ein Schirm, der eine Oeffnung enthält, die z. B. eben so hoch, als breit ist, wird es auch im vertikalen Sinne beugen. Man wird leicht begreifen, dafs in diesem Falle das Licht nicht, wie von einer leuchtenden Linie kommend, auffallen darf; weil die Beugung im vertikalen Sinne dabey nicht beobachtet werden könnte, aus demselben Grunde, den ich schon oben angeführt habe. Das Licht mufs also am Heliostat durch eine Oeffnung einfallen, die eben so breit, als hoch ist. Ich liefs es zu diesem Zwecke gewöhnlich durch eine runde Oeffnung, die 0,04 bis 0,08 Zoll im Durchmesser hatte, einfallen. Bringt man bey diesem, durch eine runde Oeffnung einfallenden Lichte, den Schirm mit der langen vertikalen Oeffnung vor das Theodolithfernrohr, so haben die Farbenspectra, wie man leicht vorher sieht, eine sehr geringe Höhe, in horizontaler Richtung aber sind sie eben so, wie wenn das Licht durch eine lange vertikale Oeffnung am Heliostat einfiele. Man sieht also gleichsam nur eine horizontale Linie, in welcher die Farben, auf die oben beschriebene Art wechseln, und welche um so schmäler ist, je kleiner die runde Oeffnung am Heliostat gemacht wurde. Diese Oeffnung darf man

je-

jedoch nicht zu klein machen, weil, wenn das Licht auch nach anderen Richtungen gebeugt werden soll, Helligkeit mangeln würde.

Fällt das Licht durch eine runde Oeffnung am Heliostat ein, und man bringt vor das Theodolithfernrohr einen Schirm, der eine viereckige Oeffnung enthält, die aber genau geradlinigte Seiten und scharfe Ecken haben mufs, und welche z. B. eben so hoch, als breit ist, so wird man durch das Fernrohr ein farbiges Kreuz sehen, in welchem die Farben sowohl vertikal, als horizontal ebenso wechseln, wie bey dem durch eine lange sehmale Oeffnung gebeugten Lichte. In den Ecken dieses farbigen Kreuzes sieht man noch schwächere Farbenspectra *a*, *b*, *c*, *d* Tab. II. Fig. II. Die Ursache der Entstehung dieser blofs in den Ecken sichtbaren Spectra wird aus Versuchen, von welchen weiter unten die Rede seyn wird, klar. Die Dimensionen der Farben, aus welchen das Kreuz besteht, sind dieselben wie bey einer langen schmalen Oeffnung des Schirmes, von derselben Breite, nämlich $L^{I} = \frac{0,0000211}{\gamma}$; $L^{II} = 2.\frac{0,0000211}{\gamma}$ u. s. w. sowohl vertikal, als horizontal. Ist die viereckige Oeffnung des Schirmes nicht so breit, als hoch, so sind die Spectra des Kreuzes vertikal von einer anderen Breite, als horizontal; und auch die schwachen Nebenspectra in den Ecken richten sich nach diesen. Bey einem Schirme also, dessen Breite der viereckigen Oeffnung kleiner ist, als die Höhe, wird ein Farbenkreuz entstehen, dessen vertikale Schenkel aus kleineren Spectren bestehen, als die horizontalen, und zwar im umgekehrten Verhältnifs der Höhe zur Breite.

Enthält der vor dem Theodolithfernrohr stehende Schirm eine kleine runde Oeffnung, so sieht man durch das Fernrohr Farbenringe, welche, in Hinsicht der Folge der Farben, ganz jenen ähnlich sind, welche durch Berührung zweyer wenig convexen Gläser entstehen, nur mit dem Unterschiede, dafs bey diesen in der

Mitte

Mitte ein schwarzer Flecken gesehen wird, bey jenen aber nicht. Diese farbigen Ringe, welche bey der Beugung durch eine runde Oeffnung entstehen, sind um so gröfser, je kleiner die Oeffnung des Schirmes ist. Ich habe bey verschiedener Gröfse der Oeffnung die Durchmesser der Farbenringe mit dem Theodolith gemessen, wovon folgende Tabelle die Resultate enthält. Ich habe immer das rothe Ende eines jeden Farbenrings genommen, und den Abstand desselben von der Mitte, im ersten Ringe mit L^I, im zweyten mit L^{II} u. s. w. benennt. Mit L bezeichne ich hier das arithmetische Mittel der Differenzen.

Nro.	Durchmesser der Oeffnung in Theilen eines Pariser Zolles. γ	L^I	L^{II}	L^{III}	L^{IV}	L^V	Arithmetisches Mittel der Differenzen. L	$L^I\gamma$	$L\gamma$
1	0,10426	53″,8	1′ 36″,3	2′ 16″	2′ 58″,5		41″,6	0,0000272	0,0000210
2	0,06713	1′ 22″,3	2′ 27″	3′ 30″	4′ 32″,3		1′ 3″,3	0,0000268	0,0000206
3	0,05001	1′ 48″,8	3′ 17″,3	4′ 46″,8	6′ 15″,5	7′ 47″,7	1′ 29″,7	0,0000264	0,0000217
4	0,03997	2′ 12″,7	4′ 2″,9	5′ 55″,1	7′ 48″,6	9′ 40″,9	1′ 52″	0,0000257	0,0000217
5	0,03791	2′ 15″,7	4′ 8″,5	6′ 6″,3	8′ 5″,1		1′ 56″,5	0,0000249	0,0000214
6	0,03318	2′ 41″,7	4′ 52″,4	7′ 6″,4	9′ 18″,7	11′ 32″	2′ 12″,6	0,0000260	0,0000213
7	0,02682	3′ 13″,1	6′ 1″,4	8′ 49″,7	11′ 42″		2′ 49″,6	0,0000251	0,0000223
8	0,02318	3′ 49″,4	6′ 57″,8	10′ 14″,5	13′ 23″,6		3′ 11″,4	0,0000258	0,0000215
9	0,02237	3′ 54″,7	7′ 9″,4	10′ 24″,1	13′ 40″,5		3′ 15″,3	0,0000255	0,0000212
10	0,02134	4′ 3″,6	7′ 24″,5	10′ 56″,4	14′ 15″,4		3′ 20″,6	0,0000252	0,0000208
11	0,01824	4′ 45″,5	8′ 51″,3	12′ 54″,9	17′ 3″,5		4′ 6″	0,0000252	0,0000217
12	0,01746	5′ 3″	9′ 19″,4	13′ 22″,9	17′ 52″		4′ 16″,3	0,0000257	0,0000217
13	0,01238	6′ 55″,5	12′ 57″,5	18′ 48″,6			5′ 56″,5	0,0000249	0,0000214
14	0,00922	9′ 27″,3	17′ 35″,4	25′ 34″,5			8′ 3″,6	0,0000254	0,0000216

Es ist ungleich schwerer, den Durchmesser eines farbigen Ringes zu messen, als die Abstände der durch eine lange schmale Oeffnung entstandenen Spectra; weil bey letzteren der Mikrometerfaden in seiner ganzen Länge hin zur Berührung gebracht werden kann, bey ersterem aber fast nur ein Punkt. Defswegen ist die Genauigkeit beym Mefsen der Duchmesser der farbigen Ringe geringer, als beym Mefsen der Farbenspectra, die durch eine lange schmale Oeffnung entstehen, zum Theil auch, weil bey letzteren die Helligkeit gröfser ist. Dieses berücksichtigt, folgt demnach aus obiger Tabelle, innerhalb der Gränzen der Genauigkeit:

Bey dem durch runde Oeffnungen von verschiedener Gröfse gebeugten Lichte verhalten sich die Durchmesser der farbigen Ringe umgekehrt, wie die Durchmesser der Oeffnungen.

In den bey der Beugung durch eine runde Oeffnung entsandenen farbigen Ringen folgen die Abstände der rothen Strahlen der verschiedenen Ringe von der Mitte in dem Verhältnifs der Glieder einer arithmetischen Reihe, in welcher die Differenz kleiner ist, als das erste Glied.

Bey irgend einem Durchmesser der runden Oeffnung in Theilen eines Pariser Zolles γ, ist:

$$L = \frac{0{,}0000214}{\gamma} = L^{II} - L^{I} = L^{III} - L^{II} = L^{IV} - L^{III} \text{ u. s. w.}$$

$$L^{I} = \frac{0{,}0000257}{\gamma}$$

$$L^{II} = \frac{0{,}0000257}{\gamma} + L$$

L.

$$L^{III} = \frac{0{,}0000257}{\gamma} + 2L$$

$$L^{IV} = \frac{0{,}0000257}{\gamma} + 3L \quad \text{u. s. w.}$$

Der Quotient für L weicht sehr wenig von dem ab, wie er bey einer langen schmalen Oeffnung gefunden wurde; der kleine Unterschied liegt wahrscheinlich nur in Beobachtungsfehlern. Diese nahe Uebereinstimmung, und der grofse Unterschied von L^{I} bey diesen und jenen, sind beachtungswerth.

Wenn man ein polirtes Glas mit zwey oder drey Lagen dünner Goldblättchen auf die bekannte Art von einer Seite belegt; so ist das Glas undurchsichtig, und man kann in das Gold auf dem Glase sehr feine Linien ritzen; an den radirten Stellen ist dann das Glas wieder durchsichtig. Radirt man auf ein mit Goldblättchen belegtes Plan- und Paralellglas eine gerade schmale Linie, und bringt es statt des Schirmes vor das Theodolithfernrohr, so wird das Licht durch diese radirte Stelle des Glases eben so gebeugt, wie durch eine andere schmale Oeffnung von derselben Breite. Ist eine kleine Kreisfläche in das Gold radirt, so wird durch diese das Licht wie durch eine runde Oeffnung von demselben Durchmesser gebeugt.

Um zu sehen, wie das Licht durch eine Kreislinie von bekannter Stärke gebeugt wird, zog ich auf ein mit Gold belegtes Planglas eine Kreislinie von gleicher Stärke. Dieses Glas stellte ich vor das Theodolithfernrohr, und liefs das Licht am Heliostat durch eine runde Oeffnung einfallen; es kam demnach kein Licht auf das Objectiv des Fernrohrs, als das, welches durch die auf das belegte Glas radirte Kreislinie fuhr. Man sieht in diesem Falle durch das Fernrohr farbige Ringe, welche, in Hinsicht der Abwechslung der

Farben jenen durch eine runde Oeffnung des Schirmes entstandenen ähnlich sind, in Hinsicht der Durchmesser aber, und ihres Verhältnisses unter sich, davon abweichen. Der Durchmesser der Farbenringe ist von dem Durchmesser der auf das belegte Glas radirten Kreislinie ganz unabhängig, und hängt blos von der Stärke dieser Linie, d. i. von ihrer Breite ab. Wird diese Breite in Theilen eines Pariser Zolles γ genannt, so ist der halbe Durchmesser des rothen Endes des ersten Kreises $\frac{0,0000211}{\gamma}$; des zweyten 2. $\frac{0,0000211}{\gamma}$ u. s. w., und also eben so wie die Abstände des rothen Endes der Spectra von der Mitte, bey einer geradlinigten Oeffnung von derselben Breite. Deckt man den halben Kreis des belegten Glases zu, so bleiben noch immer die Farbenringe sichtbar, und sind nur weniger hell. Wird aber z. B. ein Segment des Kreises von 220° zugedeckt, so sind die Farbenringe nicht mehr vollständig, und es fehlen, wie Fig. 3 Tab. II., an zwey entgegengesetzten Seiten 40°. Werden 270° zugedeckt, so nehmen die Farbenringe an zwey entgegengesetzten Seiten einen Raum von 90° ein. Ueberhaupt ist der Raum, welchen die Farbenringsegmente auf jeder der zwey entgegengesetzten Seiten einnehmen, der Anzahl der Grade gleich, welche die Oeffnung des auf das belegte Glas radirten Kreises mifst. Die Ursache aller dieser Erscheinungen bey der Beugung des Lichtes durch eine Kreislinie, wird man einsehen, wenn man sich ein kleines Segment des Kreises wie eine gerade Linie denkt, und den Weg des Lichtes wie durch einen geradlinigten Schirm von gleicher Breite der Oeffnung verfolgt. Man mufs aber dabey nicht vergessen, dafs das Licht durch eine runde Oeffnung am Heliostat einfällt, und folglich die Spectra durch einen geradlinigten Schirm fast keine Breite haben würden. Um die Erscheinung vollkommen zu sehen, mufs die auf das belegte Glas radirte Kreislinie genau gleichbreit und rund seyn. Bey allen Versuchen mit Beugung ist intensives

Son-

Sonnenlicht nöthig; bey gewöhnlichen Tageslicht sieht man durch Fernröhre von allen Erscheinungen nichts.

Gegenseitige Einwirkung einer grofsen Anzahl gebeugter Strahlen.

Um auf die ganze Fläche des Objectiv des Theodolithfernrohrs eine grofse Anzahl gleich stark gebeugter Strahlen fallen zu machen, spannte ich sehr viele gleich dicke Fäden parallel und in gleicher Entfernung nebeneinander auf einen Rahmen; durch die Zwischenräume mufste demnach das Licht gebeugt werden. Damit ich versichert seyn möchte, dafs die Fäden genau parallel sind, und gleiche Entfernungen von einander haben, machte ich an zwey entgegengesetzten Enden des viereckigen Rahmens in der ganzen Länge hin, eine feine Schraube, bey welcher nahe 169 Umgänge auf einen Pariser Zoll gehen; in die Gänge dieser Schraube spannte ich die Fäden, und ich konnte folglich sicher seyn, dafs sie genau parallel sind, und gleiche Entfernungen unter sich haben.

Auf das Objectiv des Theodolithfernrohrs leitete ich durch eine vertikale Oeffnung am Heliostat, welche 2 Zoll hoch und 0,01 Zoll breit war, einen intensiven Sonnenstrahl, und stellte auf die Mitte der Scheibe des Theodoliths das Gitter, welches ungefähr aus 260 parallelen Fäden bestund, die 0,002021 Zoll dick, und deren Ränder 0,003862 Zoll von einander entfernt waren. Ich trug Sorge, dafs auf das Objectiv kein anderes Licht fiel, als das, welches durch das Fadengitter fuhr. Da die schmalen Zwischenräume das Licht beugen, so war alles Licht, welches durch das Fadengitter auf das Objectiv fiel, gleich stark gebeugt. Ich war sehr verwundert zu sehen, dafs die Erscheinungen, welche man mit dem Fadengitter durch das Fernrohr sieht, ganz verschieden von jenen sind, welche bey

dem

dem durch eine einzelne Oeffnung gebeugten Lichte beobachtet werden. Man sieht nämlich die Oeffnung am Heliostat unverändert so, wie sie durch das Fernrohr ohne Fadengitter gesehen würde, und in einiger Entfernung von demselben, zu beyden Seiten, eine grofse Anzahl Farbenspectra, die eben so sind, wie sie durch ein gutes Prisma gesehen werden; sie werden immer breiter, je weiter sie von der Mitte abstehen, nehmen aber an Intensität ab. Fig. I. Tab. I. stellt einen Theil dieser Spectra dar. In A wird die Oeffnung am Heliostat gesehen ganz ohne Farben und scharf begränzt, wie man sie ohne Gitter durch das Fernrohr sieht. Zu beyden Seiten von A sind die Erscheinungen vollkommen symmetrisch. Wenn der Apparat vollkommen ist, so ist im Raume $A H^{I}$ kein Licht. Im Raume $H^{I} C^{I}$ ist das erste Farbenspectrum; H^{I} ist das violete, C^{I} das rothe Ende desselben. Der Raum zwischen C^{I} und H^{II} ist ohne Licht. Im Raume $H^{II} C^{II}$ ist das zweyte Spectrum; es ist doppelt so breit, als das erste, und die Ordnung der Farben dieselbe; auch ist es etwas weniger intensiv, als das erste. Im Raume zwischen C^{II} und F^{IV} ist das dritte Spectrum; ein Theil der violeten Strahlen desselben fällt aber in die rothen des zweyten, so wie das Ende der rothen des dritten in die blauen des vierten. Die Intensität des dritten Spectrum ist wieder geringer, als die des zweyten. Zwischen F^{IV} und D^{IV} ist das vierte Spectrum, dessen blaues Ende in das dritte und das rothe Ende in das fünfte Spectrum fällt. Es folgen noch viele Spectra, die immer schwächer werden, und deren man bey einiger Vollkommenheit des Apparats, auf jeder Seite von A, leicht 13 zählt, man überzeugt sich auch ohne Mühe von dem Daseyn einer noch gröfseren Anzahl, die nur defswegen nicht leicht gezählt werden können, weil sie immer breiter werden, und in demselben Verhältnifs mehr in einander fallen.

Wenn

Wenn das Okular des Fernrohrs so gestellt ist, dafs man ohne Gitter die Oeffnung am Heliostat vollkommen begränzt sieht, so wird man in den Farbenspectren, welche durch das Fadengitter hervorgebracht werden, die Linien und Streifen sehen, welche ich in dem durch ein gutes Prisma hervorgebrachten Farbenspectrum von dem Lichte der Sonne entdeckt habe*), was von grofsem Interesse ist, weil es dadurch möglich wird, die Gesetze dieser, wie man sehen wird, durch gegenseitige Einwirkung einer grofsen Anzahl gebeugter Strahlen entstandene Modifikation des Lichtes im hohen Grade genau kennen zu lernen. Ich habe in der Zeichnung in jedem Spectrum nur die stärkeren dieser Linien angedeutet, mit welchen man zu thun haben wird; man sieht deren aber, besonders in den breiteren Spectren, eine grofse Anzahl wie durch ein Prisma. Auch das Verhältnifs der Stärke der Linien, und ihre Gruppirung unter sich ist wie durch Prismen; nur in Hinsicht des Verhältnifses des Raumes, welchen in einem Spectrum die verschiedenen Farben einnehmen, ist ein auffallender Unterschied zwischen den durch Gitter und Prismen hervorgebrachten. Defswegen, und weil bey einigen Arten von Fadengittern die Spectra sehr klein sind, mufs man mit den durch ein Prisma gebildeten Linien sehr vertraut seyn, um bey jeder Gröfse des Spectrum sogleich zu wissen, mit welchen Streifen oder mit welcher Linie man zu thun hat. Dieses ist um so nöthiger, da bey den von der Mitte weit entfernten Spectren eines Gitters, sie sich gegenseitig decken.

Ich werde diese Spectra, die durch Gitter paralleler Fäden gesehen werden, *mittlere* nennen, und zwar *mittlere vollkommener*

*) Ich habe sie in einer Abhandlung beschrieben, welche in den Denkschriften der k. b. Akademie der Wissenschaften für die Jahre 1814 — 15 abgedruckt ist, und den Titel führt: Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungs-Vermögens verschiedener Glasarten in Bezug auf die Vervollkommnung achromatischer Fernröhre.

ner Art, um sie von anderen, die durch gegenseitige Einwirkung einer geringen Anzahl gebeugter Strahlen entstehen, in welchen die Linien und Streifen nicht gesehen werden, die auch noch andere Eigenschaften haben, und welche ich *mittlere unvollkommener Art* nennen werde, zu unterscheiden.

Um die Erscheinungen möglichst abzuänderen, machte ich Gitter von verschiedener Dicke der Fäden und Gröfse der Zwischenräume. Zu diesem Zwecke machte ich auch noch eine feinere Schraube, bey welcher nahe 340 Umgänge auf einen Zoll gehen. Ich radirte auch auf mit Goldblättchen belegte Plangläser parallele gerade Linien in gleicher Entfernung, durch welche die Spectra eben so gesehen werden, wie durch Fadengitter.

Die Gröfse der mittleren Farbenspectra, die durch ein Fadengitter gesehen werden, hängt nicht von der Breite der Zwischenräume, oder von der Dicke der Fäden ab; sondern einzig von der Summe der Breite eines Zwischenraumes und Dicke eines Fadens, oder was dasselbe ist, von der Gröfse der Abstände der Mitte der Zwischenräume. Die Farbenspectra sind um so gröfser, je kleiner genannte Summe ist. Je feiner demnach eine Schraube ist, in deren Gänge die Fäden gespannt werden, desto gröfser werden die Farbenspectra seyn; und es ist für die mittleren Spectra ganz einerley, ob die aufgespannten Fäden dünner oder dicker sind, oder die Zwischenräume gröfser oder kleiner. Es ist ganz gleichgültig, ob man Haare, Silberdrath oder Golddrath in die Schraubengänge spannt, die Materie ändert in keiner Hinsicht etwas. Es mufs aber darauf gesehen werden, dafs die Fäden gleiche Dicke haben, und besonders, dafs sie gerad angespannt sind, damit die Zwischenräume in ihrer ganzen Länge hin gleiche Breite haben. Bey Drath braucht dieses Anspannen einige Sorgfalt, weil er sich so leicht krümmt.

Haa-

Haare sind schwer anzuwenden, weil sie fast nie gleiche Dicke haben.

Wenn die Gänge der Schraube, auf welche die Fäden gespannt werden, etwas grofs sind, d. i. wenn die Mitten der Zwischenräume der Fäden weiter voneinander liegen, so sind, wie aus obigen erhellt, die Spectra klein, und folglich alle in einem kleinern Raum beysammen. Sind bey diesen gröberen Schraubengängen die Fäden dick, und also die Breite der Zwischenräume verhältnifsmäfsig klein, so sieht man da, wo die mittleren Spectra vollkommener Art aufhören, oder vielmehr schwächer werden, eine andere Art Spectra anfangen, welche ungleich breiter sind, und in welchen die Linien und Streifen, die im prismatischen Farbenspectrum enthalten sind, nicht gesehen werden. Sie ändern sich einzig mit der Breite der Zwischenräume der Fäden, und verhalten sich ähnlich so, wie die Spectra äusserer Art, die durch eine einzelne schmale Oeffnung hervorgebracht werden, daher ich sie auch wie diese, mit L^{I}, L^{II} u. s. w. bezeichnen werde.

Wir werden sehen, dafs mit vollkommenen Gittern fast bey allen Arten derselben die Spectra äusserer Art sichtbar sind, es mögen die Fäden auf feine oder grobe Schraubengänge gespannt seyn. Es fällt manchmal ein Theil der äusseren Spectra in die Spectra mittlerer Art, und ändert die Intensität derselben. Wir werden den Zusammenhang dieser sonderbaren Erscheinungen aus den Beobachtungen kennen lernen.

Wenn bey einem Fadengitter an das Okular des Fernrohrs das kleine Prisma, von welchem oben bey der Beugung durch eine einzelne Oeffnung Gebrauch gemacht wurde, auf die beschriebene Art angebracht wird, so sieht man, dafs die mittleren Spectra vollkommnerer Art, ganz aus homogenem Lichte bestehen, und dafs,

beym dritten angefangen, der Zunahme ihrer Breite wegen, sie sich an den Uebergängen von einem Spectrum in das andere gegenseitig decken. Wegen der ungleichen Brechbarkeit der verschiedenen farbigen Strahlen durch das Okularprisma, werden die sich deckenden Spectra zum Theil getrennt, und wie Fig. 4, Tab. II. gesehen. Es wird dadurch z. B. das rothe Ende des dritten Spectrum bey C^{III} gesehen, und man erkennt die Linien, die dieser Farbe angehören, mit Bestimmtheit; eben so sieht man unten das violete Ende des dritten Spectrum H^{III}, und die darin enthaltenen Linien. Aehnlich so verhält es sich mit den weiter von der Mitte entfernten Spectren. Da die Spectra um so breiter werden, je weiter sie von der Mitte A abstehen, und bey einem Okularprisma von bestimmten Winkel, die Höhe $C^{I}d$ für alle Spectra gleich ist, so mufs die untere und obere Begränzung für die von der Mitte weit abstehenden Spectra, eine weniger schiefe Lage haben, als für die ersten. Wie man aus den Beobachtungen sehen wird, wirkt Glas auf die verschiedenen farbigen Strahlen in einem anderen Verhältnifs, als ein Gitter in der Luft; dieses ist die Ursache, warum die untere und obere Begränzung der Spectra durch ein Prisma am Okular nicht geradlinigt gesehen wird. Der horizontale Faden des Mikrometers wird in allen mittleren Spectren vollkommener Art ganz begränzt gesehen, und dient auch hier für die von der Mitte weit entfernte Spectra, die wegen ihrer grofsen Breite und geringen schiefen Lage, auch mit dem Okularprisma noch schwer zu unterscheiden sind, zum Zählen derselben u. s. w.

Wenn das Licht durch ein cylindrisches Glas am Heliostat einfällt, bleiben die Erscheinungen durch ein Fadengitter dieselben, wie wenn es durch eine schmale Oeffnung einfällt.

In den Versuchen, die hier folgen werden, habe ich für die verschiedenen Linien der Farbenspectra dieselben Bezeichnungen bey-

beybehalten, wie ich sie bey dem durch ein Prisma gebildeten Farbenspectrum gebraucht habe; nämlich C, D, E, F, G, H*). Für das erste Spectrum werde ich die Bezeichnung C^{I}, D^{I}, E^{I} u. s. w. nehmen; für das zweyte C^{II}, D^{II}, E^{II} u. s. w. Die Dicke der Fäden des

*) Für diejenigen, welche den oben angezeigten Band der Denkschriften nicht besitzen, mag Folgendes zur Erklärung dienen: B ist eine starke scharf begränzte Linie tief im Rothen; sie ist nur bey sehr intensiven Sonnenlicht so gut zu sehen, dafs man mit Sicherheit ihren Ort bestimmen kann. Für Wasser ist der Exponent des Brechungsverhältnifses dieses Strahls, oder Bn = 1,33095. Die Linie C ist ebenfalls im Rothen; sie ist scharf begränzt und gehört als einfache Linie zu den stärkeren. Für Wasser ist Cn = 1,33171. Bey einem grofsen durch ein Prisma gebildeten Spectrum, von welchem hier die Rede ist, erkennt man im Raume zwischen B und C noch 9 sehr feine Linien. D ist eine doppelte Linie im Orange; sie wird jedoch nur in einem grofsen Farbenbilde als doppelt erkannt. Dn = 1,33357 für Wasser. Im Raume zwischen C und D kann man noch 30 gröfsten Theils feine Linien unterscheiden. In einem grofsen Farbenspectrum besteht E aus mehreren feinen Linien, die sehr nahe beysammen liegen, und so eine starke Linie zu bilden scheinen; sie liegt im Grünen. Da zu beyden Seiten von E in einiger Entfernung noch Linien liegen, die wie diese aus mehreren feinen bestehen, und daher einige Aehnlichkeit mit E haben, und leicht damit verwechselt werden könnten, so mufs man sich mit derselben, ihrer Lage wegen, sehr bekannt machen; sie ist die stärkste ähnlicher Art in dieser Farbe. Für Wasser ist En = 1,33585. Im Raume zwischen D und E sind ungefähr 84 Linien zu unterscheiden. Im Raume zwischen E und F, ungefähr dreymal näher an E, als an F, im Grünen, liegen drey sehr starke Linien, wovon zwey sich bedeutend näher sind, als die dritte; sie sind die stärksten in den hellern Farben. F ist eine starke Linie am Anfange vom Blau. Fn = 1,33780 für Wasser. Im Raume zwischen E und F können ungefähr 76 Linien gezählt werden. Die Linie G liegt im Indigo; es bilden an diesem Orte mehrere feine Linien einen Streifen, in dessen Mitte eine starke Linie liegt, die ich mit G bezeichnet habe. Gn = 1,34127. Zwischen F und G zählt man ungefähr 185 Linien von verschiedener Stärke und Gruppirung. H liegt im Violeten; er ist ein sehr starker Streifen, der aus vielen Linien besteht. In

 sei-

des Gitters nenne ich δ, und die Breite der Zwischenräume γ. Die Werthe dieser beyden Gröfsen werden immer in Theilen eines Pariser Zolles angegeben. Das arithmetische Mittel z. B. von C^{I}, $\frac{C^{II}}{2}$, $\frac{C^{III}}{3}$ u. s. w. werde ich mit C bezeichnen, das von D^{I}, $\frac{D^{II}}{2}$, $\frac{D^{III}}{3}$ u. s. w. mit D, und so fort. Ich habe mit dem Theodolith die Winkel der Abstände zweyer symmetrischen Spectra für jede Farbe, oder vielmehr für die sichtbaren bezeichneten Linien derselben, mindestens durch sechsmalige Wiederholung bestimmt. Da die Linien der Spectra scharf begränzt sind, so war bey vollkommenen Gittern ein hoher Grad von Genauigkeit möglich. Ich gebe alle Winkel, so wie ich sie erhielt, ohne eine Correction an denselben anzubringen. Das Fadengitter stund immer auf der Mitte der horizontalen Scheibe des Theodolith. Alle Winkel, z. B. C^{I}, D^{I}, E^{I} u. s. w. sind immer die einfachen Abstände von der Mitte A. Bey den Produkten $(\gamma + \delta)$ C u. s. w. habe ich die Sinus der Winkel gebraucht. Es ist jedoch bey diesen kleinen Winkeln einerley, ob man die Sinus oder Bogen nimmt.

Gitter Nro. 1.

$\gamma = 0{,}000628$ $\qquad$ $\delta = 0{,}001324$

B^{I}	= 44′ 45″	D^{I}	= 38′ 19″,3
C^{I}	= 42′ 42″,3	D^{II}	= 1° 16′ 38″,
C^{II}	= 1° 25′ 25″	D^{III}	= 1° 55′ —
		D^{IV}	

seiner Nähe ist noch einer, der ihm ganz ähnlich ist; von diesen zwey Streifen habe ich den nach G zugelegenen, H genannt; er ist nur bey sehr intensiven Sonnenlicht zu sehen. Für Wasser ist Hn = 1,34417. Im Raume zwischen G und H können ungefähr 190 Linien von sehr verschiedener Stärke gezählt werden. Aus den in dem Farbenspectrum enthaltenen Linien habe ich diejenigen, welche mir, theils ihrer besonderen Kennzeichen, theils ihrer Lage wegen, am zweckmäfsigsten zu seyn schienen, bezeichnet.

D^{IV}	= 2° 33′ 14″,7	F^{II}	= 1° 3′ 10″
E^{I}	= 34′ 12″,6	F^{III}	= 1° 34′ 44″
E^{II}	= 1° 8′ 28″,3	G^{I}	= 27′ 57″,3
E^{III}	= 1° 42′ 42″,7	G^{II}	= 55′ 51″,7
E^{IV}	= 2° 16′ 59″,7	H^{I}	= 25′ 42″,3
F^{I}	= 31′ 32″,6	H^{II}	= 51′ 31″,7

B	= 44′ 45″	F	= 31′ 34″,1
C	= 42′ 42″,4	G	= 27′ 56″,5
D	= 38′ 19″,2	H	= 25′ 44″
E	= 34′ 14″		

$(\gamma+\delta)$ B	= 0,00002541	$(\gamma+\delta)$ F	= 0,00001792
$(\gamma+\delta)$ C	= 0,00002425	$(\gamma+\delta)$ G	= 0,00001587
$(\gamma+\delta)$ D	= 0,00002176	$(\gamma+\delta)$ H	= 0,00001461
$(\gamma+\delta)$ E	= 0,00001944		

Gitter Nro. 2.

γ = 0,001112 $\quad$ δ = 0,001817

B^{I}	= 29′ 50″,3	D^{IV}	= 1° 42′ 11″,3
B^{II}	= 59′ 38″,3	D^{V}	= 2° 7′ 46″,3
C^{II}	= 56′ 57″	E^{II}	= 45′ 41″,6
D^{I}	= 25′ 33″	F^{II}	= 42′ 7″,6
D^{II}	= 51′ 6″,3	G^{II}	= 37′ 16″
D^{III}	= 1° 16′ 35″,7	H^{II}	= 34′ 22″,3

B	= 29′ 49″,7	F	= 21′ 3″,8
C	= 28′ 28″ 5	G	= 18′ 38″
D	= 25′ 32″,9	H	= 17′ 11″,1
E	= 22′ 50″,8		

$(\gamma+\delta)$ B

$(\gamma+\delta)$ B = 0,00002541 $(\gamma+\delta)$ F = 0,00001795
$(\gamma+\delta)$ C = 0,00002426 $(\gamma+\delta)$ G = 0,00001587
$(\gamma+\delta)$ D = 0,00002177 $(\gamma+\delta)$ H = 0,00001464
$(\gamma+\delta)$ E = 0,00001946

Gitter Nro. 3.

γ = 0,000972 δ = 0,001964

C^{I} =	28′ 23″	F^{I} =	20′ 56″
C^{II} =	56′ 50″	F^{II} =	41′ 53″,7
D^{I} =	25′ 28″,7	F^{III} =	1° 2′ 45″
D^{II} =	50′ 58″	G^{I} =	18′ 28″,7
D^{III} =	1° 16′ 27″,7	G^{II} =	37′ 3″,3
E^{I} =	22′ 44″,3	H^{I} =	16′ 58″,5
E^{II} =	45′ 27″	H^{II} =	33′ 58″
E^{III} =	1° 8′ 14″,7		

C =	28′ 24″	F =	20′ 55″,9
D =	25′ 29″	G =	18′ 30″,1
E =	22′ 44″,2	H =	16′ 58″,7

$(\gamma+\delta)$ C = 0,00002425 $(\gamma+\delta)$ F = 0,00001788
$(\gamma+\delta)$ D = 0,00002176 $(\gamma+\delta)$ G = 0,00001580
$(\gamma+\delta)$ E = 0,00001942 $(\gamma+\delta)$ H = 0,00001450

Gitter Nro. 4.

γ = 0,000549 δ = 0,003359

B^{II} =	44′ 43″,7	C^{II} =	42′ 40″,9
C^{I} =	21′ 21″,5	C^{III} =	1° 4′ —

C^{IV}	= 1° 25′ 21″,5	E^{IX}	= 2° 34′ 16″
D^{I}	= 19′ 10″,7	E^{X}	= 2° 51′ 24″
D^{II}	= 38′ 18″,7	E^{XI}	= 3° 8′ 30″
D^{III}	= 57′ 29″,3	E^{XII}	= 3° 25′ 36″
D^{IV}	= 1° 16′ 37″,7	E^{XIII}	= 3° 42′ 46″
D^{V}	= 1° 35′ 47″,3	F^{I}	= 15′ 45″,5
D^{VI}	= 1° 54′ 58″,7	F^{II}	= 31′ 32″,3
D^{VII}	= 2° 14′ 13″,3	F^{III}	= 47′ 24″,7
E^{I}	= 17′ 7″,1	F^{IV}	= 1° 3′ 10″,2
E^{II}	= 34′ 13″,9	G^{I}	= 13′ 56″,1
E^{III}	= 51′ 25″,5	G^{II}	= 27′ 55″,9
E^{IV}	= 1° 8′ 32″,2	G^{III}	= 41′ 54″,1
E^{V}	= 1° 25′ 42″,7	H^{I}	= 12′ 47″,8
E^{VI}	= 1° 42′ 46″,1	H^{II}	= 25′ 37″,6
E^{VII}	= 1° 59′ 56″,6	H^{III}	= 38′ 33″,4

B	= 22′ 21″,8	F	= 15′ 46″,8
C	= 21′ 20″,5	G	= 13′ 57″,3
D	= 19′ 9″,8	H	= 12′ 49″,2
E	= 17′ 8″		

$(\gamma+\delta)$ B	= 0,00002542	$(\gamma+\delta)$ F	= 0,00001794
$(\gamma+\delta)$ C	= 0,00002426	$(\gamma+\delta)$ G	= 0,00001586
$(\gamma+\delta)$ D	= 0,00002178	$(\gamma+\delta)$ H	= 0,00001457
$(\gamma+\delta)$ E	= 0,00001947		

Gitter Nro. 5.

γ = 0,003862 $\quad$ δ = 0,002021

C^{I}	= 14′ 8″,9	D^{I}	= 12′ 42″
C^{II}	= 28′ 20″,6	D^{II}	= 25′ 25″,3

D^{III} =	38′ 7″,3	F^{II} =	20′ 52″,6
D^{IV} =	50′ 48″,7	F^{III} =	31′ 20″,2
E^{I} =	11′ 18″,3	F^{IV} =	41′ 45″,2
E^{II} =	22′ 36″,9	G^{I} =	9′ 13″
E^{III} =	34′ 1″,2	G^{II} =	18′ 27″,6
E^{IV} =	45′ 21″ 5	H^{I} =	8′ 18″
F^{I} =	10′ 25″,3		

C =	14′ 9″,6	F =	10′ 26″,1
D =	12′ 42″,3	G =	9′ 13″,4
E =	11′ 19″,5	H =	8′ 18″

$(\gamma+\delta)$ C =	0,00002423	$(\gamma+\delta)$ F =	0,00001786
$(\gamma+\delta)$ D =	0,00002174	$(\gamma+\delta)$ G =	0,00001578
$(\gamma+\delta)$ E =	0,00001938	$(\gamma+\delta)$ H =	0,00001420

Gitter Nro. 6.

γ = 0,001036 $\quad$ δ = 0,006759

C^{II} =	21′ 21″,8	E^{V} =	42′ 48″
D^{I} =	9′ 35″,7	E^{VI} =	51′ 24″,7
D^{II} =	19′ 11″,7	E^{IX} =	1° 17′ 8″,3
D^{III} =	28′ 45″,3	E^{X} =	1° 25′ 46″,7
D^{IV} =	38′ 20″,3	E^{XI} =	1° 34′ 17″,3
D^{V} =	47′ 55″,7	E^{XII} =	1° 42′ 52″,3
D^{VI} =	57′ 32″,3	E^{XIII} =	1° 51′ 24″,3
D^{VII} =	1° 7′ 7″,7	F^{II} =	15′ 43″,8
E^{I} =	8′ 33″,4	F^{III} =	23′ 36″,2
E^{II} =	17′ 6″,5	F^{IV} =	31′ 32″,9
E^{III} =	25′ 39″,7	G^{II} =	14′ 2″,1
E^{IV} =	34′ 15″,9	H^{II} =	12′ 47″,8

C =	10′ 40″,9	F =	7′ 52,″4
D =	9′ 35″,4	G =	7′ 1″
E =	8′ 33″,9	H =	6′ 23″,9

$(\gamma+\delta)$ C = 0,00002422	$(\gamma+\delta)$ F = 0,00001785
$(\gamma+\delta)$ D = 0,00002175	$(\gamma+\delta)$ G = 0,00001591
$(\gamma+\delta)$ E = 0,00001942	$(\gamma+\delta)$ H = 0,00001451

Gitter Nro. 7.

γ = 0,00567 δ = 0,00610

D^{I} =	6′ 20″,8	E^{III} =	17′ —
D^{II} =	12′ 42″,3	F^{I} =	5′ 12″,3
D^{III} =	19′ 3″,1	F^{II} =	10′ 25″,4
D^{IV} =	25′ 23″,8	F^{III} =	15′ 39″
D =	6′ 20″,9	F =	5′ 12″,6
E =	5′ 40″		

$(\gamma+\delta)$ D = 0,00002174	$(\gamma+\delta)$ F = 0,00001784
$(\gamma+\delta)$ E = 0,00001940	

Gitter Nro. 8.

γ = 0,014256 δ = 0,003299

D^{III} =	12′ 46″,3	D^{VII} =	29′ 50″,3
D^{IV} =	17′ 1″,8	D^{VIII} =	34′ 2″,3

D = 4′ 15″,47

$L^{I} =$ D^{V} $L^{III} = 1^{\circ}\ 4'\ 18''$

$L^{II} = 43'\ 10''$ $L^{IV} = 1^{\circ}\ 23'\ 28''$

$(\gamma + \delta)\ D = 0{,}00002174$

Gitter Nro. 9.

$\gamma = 0{,}013470$ $\delta = 0{,}006999$

$D^{IV} = 14'\ 34'',7$ $D^{VII} = 25'\ 34'',7$

$D^{V} = 18'\ 14'',7$

$D = 3'\ 28'',9$

$L^{II} = 20'\ 37''$ $L^{III} = 31'\ 6''$

$(\gamma + \delta)\ D = 0{,}00002173$

Gitter Nro. 10.

$\gamma = 0{,}002878$ $\delta = 0{,}022486$

$D^{IV} = 11'\ 45'',7$ $D^{VI} = 17'\ 41''$

$D^{V} = 14'\ 44''$

$D = 2'\ 56'',7$

$L^{I} = 24'\ 47''$ $L^{III} = 1^{\circ}\ 15'\ 32''$

$L^{II} = 49'\ 52''$

$(\gamma + \delta)\ D = 0{,}00002173$

Eine

Eine sehr kleine Veränderung in der Entfernung der Fäden, oder der Zwischenräume, bringt bey engen Gittern eine verhältnifsmäfsig grofse Veränderung in den Farbenspectren hervor; daher mufs eine sehr kleine Ungleichheit der Entfernungen der Mitten dieser Fäden, schon eine merkliche Undeutlichkeit der Linien der Spectra hervorbringen. So grofs die Genauigkeit bey den angeführten Gittern ist, so hat sie doch ihre Gränzen, und dieses ist Ursache, warum selbst bey engern Gittern in einigen Spectren einzelne Linien nicht so bestimmt gesehen werden, dafs man mit Sicherheit ihren Ort bestimmen könnte. Dieses war der Fall bey dem Gitter Nro. 1 mit der Linie B^{II}, und den im fünften und den folgenden Spectren enthaltenen Linien; bey Nr. 2 mit der Linie C^{I} und einigen andern; bey Nro. 3 mit B^{I}, B^{II} u. s. w. Die Linien B und H sind in jedem Spectrum und bey jedem Gitter am schwersten zu sehen; weil sie fast am Ende des Spectrums liegen, und die Stärke ihres Lichtes, im Vergleich mit den übrigen des Spectrums, sehr gering ist

Bey dem Gitter Nro. 4 konnte die gröfste Anzahl Spectra mit Sicherheit gemessen werden. Zu einigen Spectren habe ich das Okularprisma gebraucht, um auch noch den Ort solcher Linien, die gedeckt sind, zu bestimmen; dieses sind C^{III}, C^{IV}, G^{III}, H^{III}, welche ohne Prisma nicht sichtbar sind. Dieses gegenseitigen Deckens wegen können in den von der Axe weitabstehenden Spectren nur diejenigen Linien gesehen werden, welche in dem intensivsten Theil desselben enthalten sind; dieses ist die Linie E und die nahe bey ihr gelegenen. Das Ganze dieser durch das Gitter Nro. 4 gesehenen Spectra hat besondere Eigenschaften; es werden nämlich die Spectra bey E^{VI} und E^{VII} schwächer, und E^{VIII} ist unsichtbar, die folgenden aber sind wieder sichtbar; doch scheint in jedem dieser folgenden eine andere Farbe vorherrschend zu seyn. Berechnet man für $\gamma = 0{,}000549$, d. i. für die Gröfse eines Zwischenraumes der Fäden bey diesem Gitter, den Ort L^{I} für eine einzelne Oeffnung, so findet man,

 dafs

dafs dieser ungefähr eben dahin fällt, wo E^{VIII} seyn soll. Wir werden in der Folge sehen, dafs dieses auch die Ursache der beschriebenen Erscheinung ist.

Beym Gitter Nro. 5 ist das vierte Spectrum ungefähr dreymal so hell, als das dritte. Auch hiervon ist der Grund darin zu suchen, dafs bey diesem Gitter der Ort L^{I} in das dritte Spectrum fällt.

Mit dem Gitter Nro. 6 konnten E^{VII} und E^{VIII} nicht gesehen werden. Bey jedem der folgenden E scheint eine andere Farbe vorherrschend zu seyn; nämlich bey E^{IX} blau, E^{X} hellblau, E^{XI} grün, E^{XII} gelb und E^{XIII} orange. Für dieses Gitter fällt L^{I} in den Raum, wo E^{VII} und E^{VIII} seyn sollen. Die Farben, welche in E^{IX} u. s. w. vorherrschend sind, entsprechen auch in Hinsicht des Ortes ungefähr jenen, die im zweyten Spectrum äufserer Art gesehen würden, wenn die Oeffnung 0,006759 wäre, welches die Gröfse der Zwischenräume beym Gitter Nro. 6 ist.

Mit dem Gitter Nro. 7 ist das dritte Spectrum um die Hälfte heller als das zweyte.

Da beym Gitter Nro. 8 das erste Spectrum nur einen Raum von ungefähr zwey Minuten einnimmt, so können selbst bey 50maliger Vergröfserung die Linien in demselben nicht gesehen werden. Im dritten und vierten Spectrum war die Linie D sichtbar; doch die übrigen in denselben enthaltenen Linien nicht so gut, dafs man mit Sicherheit ihren Ort hätte bestimmen können. Das fünfte Spectrum ist fast unsichtbar; das sechste nur schwach zu sehen; das siebente ist ungleich heller, als das sechste. Bey diesem Gitter unterscheidet man die Spectra äufserer Art sehr bestimmt. Um den Ort derselben zu berechnen und mit der Beobachtung zu vergleichen

gleichen, mufs man bey diesem Gitter, wo die Dicke der Fäden kleiner ist als die Breite der Zwischenräume, δ statt γ nehmen, und zwar immer, wenn erstere Gröfse kleiner ist als letztere. Die Ursache wird sich aus Versuchen, die ich besonders darüber angestellt habe, ergeben.

Auch mit dem Gitter Nro. 9 waren in den ersten Spectren die Linien nicht zu sehen. Das dritte Spectrum ist fast ganz unsichtbar; man hat kaum eine schwache Spur von dessen Daseyn; eben so das sechste und neunte Spectrum. In die Räume, wo diese Spectra seyn sollen, fällt L^{I}, L^{II} u. s. w., man mufs aber, um diese Gröfsen zu berechnen, δ statt γ nehmen.

Mit dem Gitter Nro. 10 konnte erst im vierten Spectrum die Linie D mit Bestimmtheit gesehen werden. Das achte Spectrum ist weniger hell, als das zehnte, und das neunte scheint zu fehlen; eben so scheint das achtzehnte Spectrum unsichtbar zu seyn. Auch bey diesem Gitter fällt L^{I} und L^{II} in den Raum, wo Spectra fehlen.

Aus der nahen Uebereinstimmung der Werthe $(\gamma + \delta)$ D, u. s. w. bey den verschiedenen Gittern, kann man den Grad der Genauigkeit beurtheilen, der nicht unbedeutend ist. Wer die Möglichkeit einer solchen Genauigkeit in Hinsicht der Gröfsen γ und δ in Zweifel zieht, darf nur bedenken, dafs man z. B. 100 Gänge der Schraube, auf welche die Fäden gespannt sind, mit dem oben beschriebenen Mikroskop mifst, und das gefundene Maafs durch genannte Zahl der Gänge theilt, wonach man die Summe $\gamma + \delta$ in vielen Fällen noch auf die sechste Decimalstelle genau erhält.

Nachstehende Gesetze folgen aus den Versuchen mit den verschiedenen Gittern:

Bey zwey verschiedenen Gittern aus parallelen gleichdicken Fäden und gleichen Zwischenräumen, verhält sich die Gröfse der Farbenspectra, die durch gegenseitige Einwirkung einer grofsen Anzahl der durch die schmalen Zwischenräume gebeugten Strahlen entstehen, und ihre Entfernung von der Axe umgekehrt, wie die Entfernung der Mitte zweyer Zwischenräume, oder, was eben so viel ist, wie $\gamma + \delta$.

Bey mittleren Spectren vollkommener Art folgen die Abstände gleichartiger farbiger Strahlen der verschiedenen Spectra in dem Verhältnifse der Glieder einer arithmetischen Reihe, in welcher die Differenz dem ersten Gliede gleich ist.

Bey einem Gitter, wo die Dicke der parallelen Fäden, und die Breite der Zwischenräume in Theilen eines Pariser Zolles ausgedrückt sind, ist allgemein:

$$B = \frac{0{,}00002541}{\gamma + \delta}$$

$$C = \frac{0{,}00002425}{\gamma + \delta}$$

$$D = \frac{0{,}00002175}{\gamma + \delta}$$

$$E = \frac{0{,}00001943}{\gamma + \delta}$$

$$F = \frac{0{,}00001789}{\gamma + \delta}$$

$$G = \frac{0{,}00001585}{\gamma + \delta}$$

$$H = \frac{0{,}00001451}{\gamma + \delta}$$

Merkwürdig ist das Verhältnifs des Raumes, welchen die verschiedenen Farben in einem durch ein Gitter entstandenen Spectrum einnehmen. Es verhält sich z. B. der Raum C D zum Raum G H nahe, wie 2 : 1; in dem durch ein Flintglas-Prisma von nur 27° entstandenen Spectrum aber verhalten sich diese Räume ungefähr, wie 1 : 2, und schon bey Wasser nahe, wie 2 : 3.

Ich habe schon oben erinnert, dafs, um die in den Farbenspectren mittlerer Art enthaltenen Linien zu sehen, das Okular des Fernrohrs genau so gestellt seyn mufs, dafs man ohne Gitter die vertikale Oeffnung am Heliostat vollkommen deutlich sieht. Eine kleine Verrückung des Okulars macht die Linien undeutlich oder unsichtbar. Die Strahlen divergiren daher, nachdem sie durch das Gitter modifizirt wurden, von einem Punkt her, welcher der Entfernung der Oeffnung am Heliostat vom Gitter gleich ist.

Stellt man ein Gitter in bedeutender Entfernung so vor das Objectiv, dafs die von dem Heliostat auf das Fernrohr fallenden Strahlen durch das Gitter fahren müssen, so sieht man bey oben beschriebener Stellung des Okulars die Linien der Spectra eben so, als wenn das Gitter am Objectiv stünde; die Abstände der farbigen Strahlen von der Axe aber findet man mit dem Theodolith kleiner. Warum dieses geschieht, wird folgendes lehren.

Wenn das Gitter *a b* Fig. 5 Tab. II. in der Axe *c* des Theodolith steht, und der auffallende Strahl *h c* wird in die Strahlen *c f*

und

und $c\,e$ getheilt, und man will z. B. den Strahl $c\,e$ in der Mitte des Gesichtsfeldes haben, so mufs das Fernrohr, wenn dessen Axe vorher mit dem auffallenden Strahle parallel war, um den halben Winkel $f\,c\,e$ gedreht werden, damit es die Richtung $c\,e\,g$ erhalte. Der Winkel, um welchen man das Fernrohr verrückt hat, ist in diesem Falle der Winkel der Ablenkung des Strahles von der Axe. Ist aber Fig. 6 das Gitter $m\,n$ ausserhalb des Centrums c des Theodolith, so wird, um einen der abgelenkten Strahlen in die Mitte des Fernrohrs zu bekommen, dasselbe nach $r\,m$ gedreht werden müssen, um den nach der einen Seite, und nach $q\,n$, um den nach der anderen Seite abgelenkten Strahl in die Mitte des Gesichtsfeldes zu bekommen. Die Strahlen, welche in diesem Falle in der optischen Axe des Fernrohrs liegen, sind demnach nicht durch die Mitte des Gitters $m\,n$ gegangen, und der Winkel $q\,c\,r$, um welchen man das Fernrohr drehen mufste, um von dem einen Strahl auf den andern zu kommen, ist kleiner als der Winkel der Ablenkung des Lichtes $u\,m\,c$ oder $c\,n\,v$, und zwar um den Winkel $m\,h\,n$. Für die Hälfte desselben ist:

$$\sin mhk = \frac{mc.\ \sin mck}{mh}$$

Diesen Winkel $m\,h\,k$ werde ich für D^{I} mit d^{I} für D^{II} mit d^{II} u. s. w. bezeichnen. Die Winkel D^{I}, D^{II} u. s. w. habe ich in folgenden Versuchen mit dem Theodolith gemessen. Bey allen Versuchen ist $c\,h = 463{,}56$ Zoll und $c\,m = c\,n = 33{,}02$ Zoll.

Gitter Nro. 3.

$D^{I} =$	$23'\ 41''$	$d^{I} =$	$1'\ 48'',9$
$D^{II} =$	$47'\ 23''$	$d^{II} =$	$3'\ 38''$

Git-

Gitter Nro. 4.

D^{I} =	17′ 47″,3	d^{I} =	1′ 21″,8
D^{II} =	35′ 35″,3	d^{II} =	2′ 43″,7
D^{III} =	53′ 24″,3	d^{III} =	4′ 5″,7
D^{IV} =	1° 11′ 14″	d^{IV} =	5′ 27″,7

Gitter Nro. 5.

D^{II} =	23′ 32″	d^{II} =	1′ 48″,2
D^{III} =	35′ 22″	d^{III} =	2′ 42″,8
D^{IV} =	47′ 24″	d^{IV} =	3′ 38″,1

Die Summe $D^{I} + d^{I}$, $D^{II} + d^{II}$ u. s. w. ist nahe dem Winkel gleich, welchen man erhält, wenn das Gitter in der Axe des Theodolith steht. Der Grad der Genauigkeit ist bey diesen Versuchen nicht so grofs, als bey jenen, wo das Gitter in der Axe des Instruments stund; theils weil das Gitter nicht vom Boden isolirt war; theils weil Längen von einigen Fufs schwer mit grofser Genauigkeit zu bestimmen sind. Ich habe bey noch gröfseren Entfernungen des Gitters vom Theodolith die Winkel der Ablenkung des Lichtes gemessen; allein die Uebereinstimmung der Summe $D^{I} + d^{I}$ u. s. w. mit den Winkeln, welche man erhält, wenn das Gitter in der Axe des Theodolith steht, ist bey diesen weniger genau, als man man es erwarten sollte; ich werde deswegen in der Folge noch mehr Versuche über diesen Gegenstand anstellen.

Wenn man das Licht durch zwey gleiche Gitter auf das Objectiv fallen läfst, d. i. wenn man zwey gleiche Gitter hintereinander vor das Fernrohr stellt, so sieht man die Spectra in Hinsicht ihrer Gröfse eben so wie bey einem. Stellt man zwey un-

gleiche Gitter hintereinander, so ist die Entfernung der Spectra von der Axe so, wie sie ist, wenn man blos das feinere Gitter vor das Objectiv stellt.

Gegenseitige Einwirkung von zwey, drey u. s. w. gebeugten Strahlen.

Wenn man mit zwey Schirmen, deren gegeneinander gekehrte Schneiden geradlinigt und vertikal sind, bey einem Gitter alle Zwischenräume der Fäden bis auf einen zudeckt, und nur durch diesen, indem er vor dem Fernrohr steht, Sonnenlicht fahren läfst, so werden, was man ohnedieſs voraus sieht, dieselben Farbenspectra gesehen, wie durch jede einzelne schmale Oeffnung von derselben Breite. Die Farbenspectra sind demnach äusserer Art, welche durch Fig. III. Tab. I. dargestellt werden. Verrückt man einen der zwey Schirme, die vor dem Gitter stehen, so, dafs das Licht durch zwey Zwischenräume der Fäden des Gitters fährt, dafs also zwey gebeugte Strahlen auf das Objectiv fallen, so sieht man durch das Fernrohr in dem Raume, welchen vorher $L^{I}\,L^{I}$ einnahmen, eine neue Art Farbenspectra, wie M^{I}, M^{II} u. s. w. in Fig. II. Diese Spectra werde ich *mittlere unvollkommener Art* nennen. Bey diesen verhält sich in Hinsicht der Farben und Abwechslung derselben der Raum $M^{I}\,M^{I}$ ebenso, wie bey jenen äufserer Art $L^{I}\,L^{I}$; der Raum $M^{I}M^{II}$, wie $L^{I}L^{II}$ u. s. w. und sind also in dieser Hinsicht ähnlich; sie sind nur in dem Raume zu sehen, welchen bey einer einzelnen Oeffnung $L^{I}L^{I}$ einnimmt; aufserhalb dieses Raumes sind die Spectra eben so, wie sie bey einer einzelnen schmalen Oeffnung gesehen werden. Demnach sieht man, wenn zwey gebeugte Strahlen auf das Objectiv fallen, die mittleren Spectra unvollkommener Art und die Spectra äufserer Art zugleich. Wir werden unten sehen, wie die Gröfse der mittleren Spectra unvollkommener Art sich zur Entfer-

fernung der Zwischenräume der Fäden u. s. w. verhält. Ich werde das rothe Ende dieser Spectra mit M^{I}, M^{II}, M^{III} u. s. w. bezeichnen.

Stellt man die zwey Schirme vor dem Gitter so, dafs das Licht durch drey Zwischenräume der Fäden fährt, dafs also drey gebeugte Strahlen auf das Objectiv fallen, so wird der Raum $M^{I}\,M^{I}$ Fig. II. in neue Farbenspectra abgetheilt, fast so, wie oben der Raum $L^{I}L^{I}$; sie sind in Hinsicht der Folge der Farben ganz den vorigen ähnlich, und nur in dem Raum $M^{I}M^{I}$ enthalten. Ich werde diese neue Art Spectra *innere* nennen, und das rothe Ende derselben mit N^{I}, N^{II}, N^{III} u. s. w. bezeichnen. Die Spectra mittlerer Art aufserhalb des Raumes $M^{I}\,M^{I}$ werden ungefähr noch wie bey zwey gebeugten Strahlen gesehen, nur in Hinsicht der Abstände von der Axe ändern sie sich bey einigen Gittern etwas. Auch die Spectra äufserer Art sieht man noch wie bey zwey gebeugten Strahlen. Man sieht demnach in diesem Falle drey verschiedene Arten Spectra; nämlich innere, mittlere unvollkommene und äufsere. Wie sich die Gröfse der Spectra innerer Art zur Entfernung der Zwischenräume des Gitters verhält, werden unten die Versuche lehren.

Mit vier gebeugten Strahlen sieht man die Spectra äusserer Art, die mittleren unvollkommener Art, und die innerer Art; doch letztere bedeutend kleiner, als sie mit drey gebeugten Strahlen gesehen werden. Die Spectra mittlerer Art haben sich nur wenig geändert.

Mit fünf gebeugten Strahlen sind die Spectra innerer Art wieder kleiner, als bey vier, während sich die Spectra mittlerer Art nur wenig geändert haben. Mit sechs gebeugten Strahlen sind die Spectra innerer Art kleiner, als mit fünf; mit sieben kleiner, als mit sechs u. s. w. bis sie endlich so klein werden, dafs sie nicht mehr zu unterscheiden sind, und nur noch eine helle ungefärbte

 Li-

Linie gesehen wird, die eben so ist, wie man ohne Gitter die Oeffnung am Heliostat sehen würde. Die Spectra mittlerer Art haben sich indefs bey der Zunahme der Anzahl der gebeugten auffallenden Strahlen allmählich sowohl in Hinsicht ihres Zusammenhanges, als der Entfernung von der Axe geändert, und sich den vollkommenen Spectren mittlerer Art in jeder Hinsicht genähert. Erst wenn sehr viele gleichgebeugte Strahlen in gleicher Entfernung gegenseitig einwirken, sind die Linien der Spectra sichtbar, und die Farben homogen.

In folgenden Versuchen ist N^{I}, N^{II} u. s. w. immer das rothe Ende eines jeden Spectrums; eben so bey M^{I}, M^{II} u. s. w. was ich schon oben erinnert habe, wie dieses auch bey den Spectren äusserer Art angenommmen wurde. Was ich bey letzteren in Hinsicht der Genauigkeit der Winkel oben erinnert habe, gilt auch von den hier folgenden. Die Winkel M^{I}, M^{II} u. s. w. sind immer die Abstände von der Axe.

Gitter Nro. 6.

Bey zwey gebeugten Strahlen:

$M^{I} = 4' 32''$
$M^{II} = 13' 32''$
$M^{III} = 22' 42''$
$M^{IV} = 31' 52'',7$

Bey drey Strahlen:

$N^{I} = 3' 1''$
$N^{II} = 5' 57''$

M^{II}

M^{II} = 12′ 16″,3
M^{III} = 22′ 11″,3
M^{IV} = 31′ 44″

Bey vier Strahlen:

N^{I} = 2′ 15″,3
N^{II} = 4′ 28″,7
N^{III} = 6′ 35″

M^{II} = 11′ 46″,7
M^{III} = 21′ 59″,3
M^{IV} = 31′ 40″,3

Bey fünf Strahlen:

N^{I} = 1′ 45″
N^{II} = 3′ 34″,3
N^{III} = 5′ 21″,3

M^{II} = 11′ 38″,3
M^{III} = 21′ 53″,3
M^{IV} = 31′ 37″

Bey sechs Strahlen:

N^{I} = 1′ 28″,8
N^{II} = 3′ 4″,3
N^{III} = 4′ 29″,7
N^{IV} = 5′ 54″,7

M^{II} = 11′ 25″,7
M^{III} = 21′ 48″
M^{IV} = 31′ 31″

Bey sieben Strahlen:

N^{I} = 1′ 15″,6
N^{II} = 2′ 34″
N^{III} = 3′ 49″,7
N^{IV} = 5′ 10″,7

M^{II} = 11′ 14″,7
M^{III} = 21′ 52″,7
M^{IV} = 31′ 36″,7

Bey acht Strahlen:

N^{I} = 1′ 4″,5
N^{II} = 2′ 14″,7
N^{III} = 3′ 19″,7
N^{IV} = 4′ 26″,7
N^{V} = 5′ 40″

M^{II} = 11′ 4″
M^{III} = 21′ 50″
M^{IV} = 31′ 30″,7

Gitter Nro. 10.

Bey zwey Strahlen:

M^{I} = 1′ 23″,3
M^{II} = 4′ 8″,7

M^{III}

M^{III} = 7′ 0″,3
M^{IV} = 9′ 53″
M^{V} = 12′ 43″,3

L^{I} = 23′ 21″
L^{II} = 48′ 4″
L^{III} = 1° 13′ 50″

Bey drey Strahlen:

N^{I} = 57″,3
N^{II} = 1′ 50″,7

M^{II} = 3′ 49″,7
M^{III} = 6′ 54″
M^{IV} = 9′ 48″,7
M^{V} = 12′ 42″,7

L^{I} = 24′ 1″
L^{II} = 48′ 30″
L^{III} = 1° 14′ 1″

Bey vier Strahlen:

N^{I} = 43″,6
N^{II} = 1′ 23″,7
N^{III} = 2′ 3″

M^{II} = 3′ 39″,3
M^{III} = 6′ 51″,7

M^{IV} = 9′ 48″
M^{V} = 12′ 42″,3

L^{I} = 24′ 27″
L^{II} = 48′ 55″
L^{III} = 1° 14′ 50″

Bey fünf Strahlen:

N^{I} = 35″,5
N^{II} = 1′ 8″,3

M^{II} = 3′ 34″,3
M^{III} = 6′ 50″
M^{IV} = 9′ 48″
M^{V} = 12′ 42″,7

L^{I} = 24′ 50″
L^{II} = 49′ 10″
L^{III} = 1° 15′ 2″

Bey sechs Strahlen:

M^{II} = 3′ 33″,3
M^{III} = 6′ 51″

L^{I} = 24′ 43″
L^{II} = 49′ 40″
L^{III} = 1° 14′ 48″

Gitter Nro. 9.

Bey zwey Strahlen:

$M^{I} =$ 1′ 42″,7
$M^{II} =$ 5′ 10″
$M^{III} =$ 8′ 56″
$M^{V} =$ 15′ 45″,3
$M^{VI} =$ 20′ 12″

Bey drey Strahlen:

$N^{I} =$ 1′ 9″,3
$N^{II} =$ 2′ 18″,3

$M^{II} =$ 4′ 44″
$M^{III} =$ 8′ 40″
$M^{V} =$ 15′ 48″,3
$M^{VI} =$ 20′ 17″,7

Bey vier Strahlen:

$N^{I} =$ 54″
$N^{II} =$ 1′ 45″,3
$N^{III} =$ 2′ 34″,3

$M^{II} =$ 4′ 33″,7
$M^{III} =$ 8′ 30″
$M^{V} =$ 15′ 50″
$M^{VI} =$ 20′ 3″,7

Bey fünf Strahlen:

N^{I}	=	44″
N^{II}	=	1′ 25″,3
N^{III}	=	2′ 4″,3
M^{II}	=	4′ 29″,3
M^{III}	=	8′ 37″,3
M^{V}	=	15′ 56″,7
M^{VI}	=	20′ 16″,7

Bey sechs Strahlen:

N^{I}	=	37″
N^{II}	=	1′ 12″
N^{III}	=	1′ 46″
N^{IV}	=	2′ 21″
M^{II}	=	4′ 24″
M^{III}	=	8′ 29″
M^{V}	=	15′ 50″
M^{VI}	=	20′ 20″

Gitter Nro. 8.

Bey zwey Strahlen:

M^{I}	=	2′ —
M^{II}	=	5′ 20″,7
M^{III}	=	10′ 22″,3
M^{IV}	=	14′ 45″,7
M^{V}	=	19′ 5″

Bey

Bey drey Strahlen:

$N^{I} = 1' 24'',7$
$N^{II} = 2' 48'',7$

$M^{II} = 5' 12''$,
$M^{III} = 9' 58'',7$
$M^{IV} = 14' 44''$
$M^{V} = 19' —$

Bey vier Strahlen:

$N^{I} = 1' 4'',5$
$N^{II} = 2' 10''$
$N^{III} = 3' 14'',5$

$M^{II} = 5' 12''$
$M^{III} = 9' 54'',3$
$M^{IV} = 14' 22'',7$
$M^{V} = 18' 46'',7$

Bey fünf Strahlen:

$N^{I} = 51''$
$N^{II} = 1' 41'',7$
$N^{III} = 2' 28'',7$

$M^{II} = 5' 10''$
$M^{III} = 9' 52''$
$M^{IV} = 14' 22''$
$M^{V} = 18' 43''$

Bey

Bey sechs Strahlen:

$N^{I} = 43''$
$N^{II} = 1' 24'',7$
$N^{III} = 2' 7''$

$M^{II} = 5' 6''$
$M^{III} = 9' 53''$
$M^{IV} = 14' 20''$

Bey sechs Strahlen werden mit allen Gittern auch N^{IV} und N^{V} gesehen; allein nicht immer ist der Winkel für diese Strahlen mit derselben Genauigkeit zu bestimmen, wie bey den übrigen.

Bey gehöriger Beurtheilung des Grades der Genauigkeit folgt innerhalb der Gränzen derselben aus obigen Beobachtungen:

Bey einem und demselben Gitter, aber verschiedener Anzahl Fäden, verhalten sich die Abstände der Spectra innerer Art von der Axe, und die Gröfse derselben umgekehrt, wie die Anzahl der durch die schmalen Zwischenräume gebeugten Strahlen, d. i. wie die Anzahl der Zwischenräume, bey drey Zwischenräumen anfangend.

Bey verschiedenen Gittern und gleicher Anzahl Zwischenräume verhalten sich die Abstände der Spectra innerer Art von der Axe, oder die Gröfse derselben umgekehrt, wie $\gamma + \delta$.

Bey Spectren innerer Art folgen die Abstände derselben von der Axe in dem Verhältnifs der Glieder

ei-

einer arithmetischen Reihe, bey welcher die Differenz dem ersten Gliede gleich ist.

Ferner ist:

Bey drey Strahlen:

$$\mathbb{N}^{I} = \frac{0{,}0000208}{3\,(\gamma+\delta)}$$

$$\mathbb{N}^{II} = 2.\,\frac{0{,}0000208}{3\,(\gamma+\delta)}$$

Bey vier Strahlen:

$$\mathbb{N}^{I} = \frac{0{,}0000208}{4(\gamma+\delta)}$$

$$\mathbb{N}^{II} = 2.\,\frac{0{,}0000208}{4(\gamma+\delta)}$$

$$\mathbb{N}^{III} = 3.\,\frac{0{,}0000208}{4(\gamma+\delta)}$$

Bey fünf Strahlen:

$$\mathbb{N}^{I} = \frac{0{,}0000208}{5(\gamma+\delta)}$$

$$\mathbb{N}^{II} = 2.\,\frac{0{,}0000208}{5\,(\gamma+\delta)}$$

$$N^{III} = 3.\frac{0{,}0000208}{5\,(\gamma+\delta)}$$ u. s. w.

In dem Raume K M^{I} Fig. II. Tab. I., der bey der gegenseitigen Einwirkung zweyer gebeugten Strahlen gesehen wird, sind, wie ich schon oben erinnert habe, bey drey Strahlen die Spectra innerer Art enthalten; daher ist bey drey, vier u. s. w. Strahlen M^{I} nicht mehr zu sehen, und es ist in diesen Fällen M^{II} das rothe Ende des ersten Spectrum mittlerer unvollkommener Art, was man bey Vergleichungen der vollkommenen Spectra mit den unvollkommenen nicht übersehen darf. Da die Spectra innerer Art, die in dem Raume K M^{I} enthalten sind, um so kleiner werden, je mehr Strahlen gegenseitig einwirken, und diese Spectra bey einer grofsen Anzahl Strahlen endlich so klein werden, dafs sie nicht mehr zu unterscheiden sind, und in diesem Falle in K nur eine ungefärbte helle Linie zu sehen ist, so mufs der Raum zwischen K und M^{I} ohne Licht seyn; weil bey Zunahme der Strahlen die Spectra mittlerer Art ihren Ort und Gröfse verhältnifsmäfsig nicht viel ändern.

Beym Gitter Nro. 9 ist M^{IV} unsichtbar, weil nahe dahin L^{I} fällt. Da bey diesem Gitter γ gröfser ist als δ, so mufs man letztere Gröfse statt ersterer nehmen, um L^{I} zu berechnen; warum dieses so geschieht, wird man aus folgendem einsehen. Um Spectra äusserer Art hervorzubringen, sind zwey sich nahe liegende Ränder oder Schneiden nöthig, durch welche das Licht abgelenkt wird. Es ist eben nicht nöthig, dafs diese zwey Schneiden gegen einander gekehrt sind; sie können auch von einander gekehrt seyn, wenn sie sich nur nahe liegen, was bey einem schmalen Metallstreifen, bey einem Faden oder Drath der Fall ist. In diesen Fällen aber sind die Spectra äusserer Art nicht wohl zu beobachten, weil sie in ungebeugtes weisses Licht fallen. Mit einem Fernrohr kann man sich jedoch

von

von ihrem Daseyn überzeugen. Ich spannte zu diesem Zwecke auf die Mitte der Oeffnung eines Schirmes, die $\frac{1}{4}$ Zoll breit war, einen Faden von 0,02287 Zoll Dicke, und stellte ihn so vor das Fernrohr, dafs der Faden vertikal stund. Die Spectra äusserer Art, welche wegen der Breite der Oeffnung des Schirmes, $\gamma = \frac{1}{4}$ Zoll, entstehen müssen, können nur so klein seyn, dafs sie kaum zu unterscheiden sind, und man mufs also die Oeffnung am Heliostate durch das Fernrohr fast wie ohne den Schirm sehen; macht aber der auf den Schirm gespannte Faden Spectra, so müssen diese zu beyden Seiten der Oeffnung des Heliostat gesehen werden; dieses ist auch der Fall. Man sieht die Oeffnung am Heliostat wegen der Breite der Oeffnung des Schirmes so hell, dafs man das Licht fast nicht ertragen kann, zu beyden Seiten derselben aber Spectra äusserer Art. Wegen der Stärke des Lichtes in der Mitte konnte L^{I} nicht gemessen werden, aber die folgenden zwey; ich fand nämlich $L^{II} =$ 6′ 16″ und $L^{II} =$ 9′ 30″. Nimmt man für den Werth von γ obige Dicke des Fadens, um L^{II} und L^{III} zu berechnen, so erhält man so nahe die eben angegebenen Winkel als unter den beschriebenen Umständen zu erwarten ist*). Um Spectra äusserer Art hervor zu bringen, ist es demnach nicht nöthig, dafs die Ränder, welche das Licht beugen, gegen einander gekehrt sind, sondern sie können auch von einander gekehrt seyn, wie dieses bey einem Faden der Fall ist. Bey dem Gitter Nro. 9 sind die Ränder der Fäden sich näher, als jene der Zwischenräume; daher erstere zur Hervorbringung der Spectra äusserer Art zusammenwirken.

Die mittleren Spectra unvollkommener Art werden durch die Lage der Spectra äusserer Art sehr oft modifizirt, auch die Zu-

oder

*) Diese Versuche verdienen noch weiter verfolgt zu werden; weil man in einigen Fällen auf Abweichungen kömmt, die aufserhalb der Gränzen der Genauigkeit liegen.

oder Abnahme der Anzahl der gegenseitig einwirkenden Strahlen ändert sie etwas. Das Gesetz dieser kleinen Aenderungen ist aus den angeführten Versuchen noch nicht genau abzuleiten, und macht noch neue Versuche nöthig. So viel sehen wir jedoch aus Obigen, dafs bey verschiedenen Gittern die Abstände der Spectra mittlerer unvollkommener Art von der Axe, und ihre Gröfse, sich nahe verhalten umgekehrt, wie $\gamma + \delta$; ferner, dafs bey zwey Strahlen M^{I} bedeutend kleiner ist, als die Differenzen, d. i. als $M^{II} - M^{I}$, $M^{III} - M^{II}$ u. s. w. daher sich diese Spectra in Hinsicht der Folge der Abstände der farbigen Strahlen von der Axe sowohl von jenen, die durch eine runde Oeffnung entstehen, als auch von jenen, die durch eine lange schmale Oeffnung gesehen werden, auffallend unterscheiden. Bey Gittern, wo δ gröfser ist als γ, ist es nicht schwer, ein Gesetz für die unvollkommenen Spectra mittlerer Art abzuleiten, wie beym Gitter Nro. 6 und 10.

Die Winkel L^{I}, L^{II} u. s. w. sind bey zwey, drey u. s. w. gebeugten Strahlen nicht wohl mit grofser Genauigkeit zu bestimmen, daher man aus den Veränderungen dieser Winkel bey drey, vier u. s. w. gebeugten Strahlen mit dem Gitter Nro. 10 eben keinen sicheren Schlufs ziehen kann. Eine Ursache liegt darin, dafs es fast nicht möglich ist, drey oder vier Zwischenräume vollkommen gleich zu machen, obschon die Mitten der Fäden gleichweit voneinander entfernt seyn können. Wir wissen aus den Versuchen mit einem gebeugten Strahle, wie grofs die Veränderung des Abstandes der Spectra ist, wenn bey einer ohnedieſs kleinen Oeffnung, die Breite derselben sich nur sehr wenig ändert; daher man leicht bey drey gebeugten Strahlen den Abstand der Spectra äusserer Art von der Axe anders finden kann, als bey zwey u. s. w. Genannte Ungleichheit hat auf Spectra mittlerer und innerer Art ungleich weniger Einfluſs.

Gegenseitige Einwirkung der im Wasser und anderen brechenden Mitteln gebeugten Strahlen.

Wenn ein Gefäfs *abde* Fig. 7, Tab. II. auf jeder der zwey entgegengesetzten Seiten *ab* und *de* mit gleichdicken Planglässern begränzt ist, die unter sich genau parallel sind, und man stellt in dieses Gefäfs, welches tief genug seyn mufs, und mit irgend einem brechenden Mittel, z. B. mit Wasser gefüllt ist, ein Gitter *fg*, so ist klar, dafs die Strahlen *ks* und *kr*, in welche der auffallende Strahl *hk* durch das Gitter getheilt wurde, bey dem Austritt aus dem brechenden Mittel von ihrem Wege abgelenkt werden müfsen, und nach *mq* und *np*, nach dem Gesetz der Brechung, gebrochen werden. Stellt man dieses Gefäfs auf die Mitte der Scheibe des Theodolith, und mifst den Winkel *pcq*, welchen die ausfahrenden Strahlen unter sich einschliefsen, so mufs man den Sinus desselben durch den Exponenten des Brechungsverhältnifses, für den farbigen Strahl, mit welchem man zu thun hat, dividiren, um den Sinus *rks* zu erhalten, d. i. den Winkel, welchen die durch gegenseitige Einwirkung *im* Wasser abgelenkten Strahlen unter sich einschliefsen. Ich habe bey Wasser, Terpentinöl und Aniesöl mit mehreren Gittern die Ablenkung für die verschiedenen farbigen Strahlen bestimmt, wovon ich die allgemeinen Resultate hier folgen lasse. Ich erinnere noch, dafs, wenn der Punkt *c* nicht in der Axe des Theodolith liegt, die gemessenen Winkel wegen der Entfernung dieses Punktes von der Axe corrigirt werden müssen, um ein richtiges Resultat zu erhalten. Die Bezeichnungen, die ich gebrauche, sind dieselben, deren ich mich oben bedient habe.

Im Wasser ist:

$$B = \frac{0{,}00001909}{\gamma + \delta} \qquad C = \frac{0{,}00001821}{\gamma + \delta}$$

$$D = \frac{0{,}00001631}{\gamma + \delta} \qquad G = \frac{0{,}00001181}{\gamma + \delta}$$

$$E = \frac{0{,}00001368}{\gamma + \delta} \qquad H = \frac{0{,}00001082}{\gamma + \delta}$$

$$F = \frac{0{,}00001338}{\gamma + \delta}$$

Im Terpentinöl:

$$B = \frac{0{,}00001730}{\gamma + \delta} \qquad F = \frac{0{,}00001208}{\gamma + \delta}$$

$$C = \frac{0{,}00001648}{\gamma + \delta} \qquad G = \frac{0{,}00001064}{\gamma + \delta}$$

$$D = \frac{0{,}00001475}{\gamma + \delta} \qquad H = \frac{0{,}00000973}{\gamma + \delta}$$

$$E = \frac{0{,}00001315}{\gamma + \delta}$$

Im Aniesöl:

$$B = \frac{0{,}00001651}{\delta + \gamma} \qquad F = \frac{0{,}00001144}{\gamma + \delta}$$

$$C = \frac{0{,}00001573}{\gamma + \delta} \qquad G = \frac{0{,}00001003}{\gamma + \delta}$$

$$D = \frac{0{,}00001405}{\gamma + \delta} \qquad H = \frac{0{,}00000909}{\gamma + \delta}$$

$$E = \frac{0{,}00001249}{\gamma + \delta}$$

Es

Es ist demnach die Ablenkung des Lichtes von der Axe, durch ein Gitter, um so kleiner, je gröfser das Brechungsvermögen des Mittels ist, von welchem das Gitter umgeben ist. Multiplicirt man die eben gefundenen Werthe mit dem Exponenten des Brechungsverhältnifses, für den entsprechenden farbigen Strahl und den angezeigten brechenden Mitteln, so erhält man denselben Winkel, der gefunden wird, wenn das Gitter von Luft umgeben ist. Daraus folgt:

In verschiedenen brechenden Mitteln verhalten sich, bey gleichen Gittern, die Sinus der Winkel der durch gegenseitige Einwirkung abgelenkten Strahlen umgekehrt, wie die Exponenten der Brechungsverhältnisse.

Wenn man durch (Bn) den Exponenten des Brechungsverhältnifses für den Strahl B, durch (Cn) jenen für den Strahl C u. s. w. ausdrückt; so ist allgemein:

$$B = \frac{0{,}00002541}{(\gamma+\delta)(Bn)} \qquad F = \frac{0{,}00001789}{(\gamma+\delta)(Fn)}$$

$$C = \frac{0{,}00002425}{(\gamma+\delta)(Cn)} \qquad G = \frac{0{,}00001585}{(\gamma+\delta)(Gn)}$$

$$D = \frac{0{,}00002175}{(\gamma+\delta)(Dn)} \qquad H = \frac{0{,}00001451}{(\gamma+\delta)(Hn)}$$

$$E = \frac{0{,}00001943}{(\gamma+\delta)(En)}$$

Die übrigen Gesetze sind so, wie sie bey einem Gitter in Luft gefunden wurden. Auch für die Spectra innerer und äusserer

 Art

Art gilt obiges Gesetz*). Für die mittleren unvollkommenen bin ich jedoch noch nicht von der Richtigkeit dieses Gesetzes überzeugt.

Gegenseitige Einwirkung der durch Reflexion gebeugten Strahlen.

Ein mit Goldblättchen auf einer Seite sorgfältig belegtes Planglas bildet auf der andern Seite einen Spiegel, der einen grossen Theil des auffallenden Lichtes zurückwirft. Sind in das Gold gleiche Parallellinien in gleichen Entfernungen radirt, und man stellt dieses Gitter so vor das Fernrohr, dafs das von der schmalen Oeffnung am Heliostat kommende Sonnenlicht von den Goldstreifen auf das Objectiv reflectirt werden kann, so sieht man durch das Fernrohr alle Erscheinungen, welche gesehen werden, wenn man das Licht durch dieses Gitter fahren läfst; nämlich die mittleren Spectra vollkommener Art mit allen in denselben enthaltenen Linien und Streifen, und die Spectra äusserer Art. Da die beyden Flächen des Glases an allen Stellen einen Theil des auffallenden Lichtes zurückwerfen, welches blos in der Axe gesehen wird, so ist in A so viel Licht, dafs man in dem ersten Spectrum die Linien etwas schwer erkennt; bey den übrigen aber sieht man sie so gut, dafs man mit Sicherheit ihren Ort bestimmen kann. Wegen der Farbe des Goldes hat das Ganze einen etwas gelben Teint, und die Räume, welche bey durchfahrendem Lichte schwarz sind, werden durch Reflexion etwas gelb gesehen.

Da-

*) Schon Biot und Pouillet hatten gefunden, dafs die Farbensäume, von welchen der Schatten begränzt ist, wenn man das Licht durch eine schmale Oeffnung auf ein mattgeschliffenes Glas fallen läfst, im Wasser in dem angegebenen Verhältnifs kleiner sind. *Biot traité de physique exp. et math. T.* 4.

Damit das reflectirte Licht auf das Objectiv gelangt, mufs das auffallende Licht gegen die Fläche des belegten Glases etwas geneigt seyn; je kleiner der Neigungswinkel ist, desto gröfser sind die Farbenspectra und ihre Abstände von der Axe. Folgende Versuche machen näher mit dieser Erscheinung bekannt. Ich erinnere, dafs bey diesen Versuchen, wie bey allen übrigen, die Oeffnung am Heliostat vertikal war, dafs also auch die Goldfäden des belegten Glases vertikal liefen; ferner, dafs die reflectirende Fläche auf der horizontalen Scheibe in der Axe des Theodolith stund. Den Auffallswinkel des Lichtes bezeichne ich mit φ.

Gitter Nro. 4.

$\varphi = 25° 48'$

D^{I} =	21′ 16″	D^{III} =	1° 3′ 47″
D^{II} =	42′ 34″	D^{IV} =	1° 25′ 4″

Diese Winkel sind, wie man sieht, gröfser, als sie oben bey vertikalem Durchfahren des Lichtes durch dasselbe Gitter gefunden werden. Die Ursache dieser Veränderung wird folgendes lehren. Es sey $ahgk$ Fig. 8, Tab. II. ein Planglas dessen Dicke $ag = hk$. Die Fläche gk sey mit Gold belegt. Der auffallende Strahl me wird nach ef gebrochen und in f nach fc reflectirt. Wenn in das Gold auf der Fläche gk parallele Linien radirt sind, so wird durch dieselben das Licht abgelenkt, und ein Strahl wird nach fb, ein anderer symmetrischer nach fd fahren; ersterer wird bey dem Austritt aus dem Glase nach bn gebrochen; letzterer nach dq; die Axe dieser Strahlen aber, d. i. der unabgelenkte Strahl fc nach cp. Für den auffallenden Strahl ef wird die Entfernung der Mitten der Zwischenräume der radirten Linien im Verhältnifs des Sinus des Winkels efg kleiner seyn, als bey vertikal auffallendem Lichte. Bezeichnet man wie oben den Exponenten des Brechungsverhältnifses

für

für den Strahl D mit (Dn); so wird für diesen Strahl die Rechnung folgenden Gang nehmen:

$$\frac{\cos.\ mea}{(Dn)} = \cos.\ bef$$

$$bef = efg = cfk = ecf$$

Aus der oben für die in brechenden Mitteln allgemein gefundenen Ablenkung, und dem eben gesagten ist:

$$\sin. D^1 = \frac{0{,}00002175}{(\gamma+\delta)\ (Dn)\ \sin.\ efg} = \sin.\ cfb = \sin.\ cfd$$

$$(Dn)\ \cos.\ (ecf + D^1) = \cos.\ nbh;$$

$$(Dn)\ \cos.\ (ecf - D^1) = \cos.\ qdh;$$

Berechnet man auf diesem Wege für das Gitter Nro. 4 bey dem angegebenen Auffallswinkel $rem = \varphi$, und dem Brechungs-Vermögen des Crownglases, aus welchem das gebrauchte Planglas gefertigt war, die Ablenkung der Strahlen, so erhält man nahe die oben durch Versuche gefundenen Winkel. Für farbige Strahlen anderer Art ist die Rechnung eben so.

Radirt man auf einem belegten Planglase alles Gold weg bis auf einen einzelnen schmalen Streifen, und läfst von diesem Licht auf das Fernrohr reflectiren, so sieht man dieselben Spectra, wie wenn das Licht durch eine schmale Oeffnung von derselben Breite gegangen

gen wäre*); allein wegen des von den Glasflächen reflectirten Lichtes sind die Abstände dieser Spectra von der Axe schwer zu bestimmen.

Da bey der Reflexion die Goldfäden dasselbe zu thun haben, was bey durchfahrendem Lichte die Zwischenräume hervorbringen, und demnach γ aus δ' wird, und dennoch bey der Reflexion die Spectra äusserer Art eben dahin fallen, wo sie sind, wenn das Licht durch das Gitter fährt; so sieht man auch daraus wieder, dafs man von den beyden Gröfsen γ und δ immer die kleinere zu nehmen habe, um den Ort der äusseren Spectra zu berechnen.

Gegenseitige Einwirkung der durch runde und viereckige Oeffnungen gebeugten Strahlen.

In den Fällen, welche wir bis jetzt untersucht haben, wirken die nur in einem Sinne gebeugten Strahlen auch nur in demselben Sinne gegenseitig ein. Ich untersuche jetzt die Fälle, in welchen Strahlen, die auch nach anderen Richtungen gebeugt sind, gegenseitig aufeinander einwirken.

Um zwey durch runde Oeffnungen gebeugte Strahlen auf das Objectiv des Fernrohr fallen zu machen, bohrte ich in ein dünnes Messingblättchen zwey kleine runde Löcher von gleicher Gröfse nebeneinander. Da, wie dünn das Messing auch ist, die Ränder der Löcher doch zu dick werden, so wurde der Rand konisch ausgerieben, so dafs diese runden Oeffnungen fast schneidend waren. Ein solches Blättchen, in welchem jede der beyden runden Oeffnungen

0,02227

*) Die Herrn Biot und Pouillet hatten schon früher gefunden; dafs, wenn man einen Spiegel gegen das auffallende Licht so sehr neigt, dafs nur ein sehr dünner Strahl von ihm zurückgeworfen wird, derselbe in Hinsicht der Farbensäume dem ähnlich ist, welcher durch eine schmale Oeffnung fuhr.

0,02227 Zoll Durchmesser hatte, und deren Mittelpunkte 0,03831 Zoll voneinander entfernt waren, stellte ich vor das Fernrohr, und trug Sorge, dafs kein anders Licht auf das Objectiv fiel, als das, welches durch die runden Oeffnungen des Blättchens gieng. Am Heliostat fiel das Licht durch eine runde Oeffnung ein. In diesem Falle sah ich, bey intensiven Sonnenlichte, durch das Fernrohr die Erscheinung, deren Mitte auf Tab. III. dargestellt ist. Es stellt in dieser Figur jedes kleine Feld ein besonderes Farbenspectrum dar, wo fast in jedem alle Farben enthalten sind. Wir wissen, dafs bey einer einzelnen runden Oeffnung Farbenringe gesehen werden, und dafs in deren Mitte eine weifse helle Kreisfläche ist, die am Rande roth wird. Diese Kreisfläche ist bey der oben angegebenen Entfernung der runden Oeffnungen, und dem angezeigten Durchmesser derselben, in fünf farbige Streifen abgetheilt, wovon der mittlere in der Mitte weifs ist; an den Enden, wo er an die nächsten Streifen gränzt, ist er roth, und verhält sich fast ganz so an diesen Enden wie bey mittleren Spectren unvollkommener Art M^{I}, wenn nur zwey Strahlen gegenseitig einwirken. Der nächste farbige Streifen ist gegen den mittlern zu blau, gegen den äufsern roth. Dieses rothe Ende verhält sich, wie M^{II} bey mittleren Spectra unvollkommener Art, durch zwey Strahlen hervorgebracht. Aehnlich so verhält sich der nächstfolgende Streifen. Dafs sie symmetrisch sind, zeigt die Figur. Es ist bemerkenswerth, dafs die Entfernung des äusseren Endes des letztgenannten Streifens von demselben Ende des mit ihm symmetrischen in diesem Falle etwas gröfser ist, als die Länge des mittleren Streifens, die dem Durchmesser der mittleren Kreisfläche gleich ist, welche bey den Farbenringen durch eine einzelne runde Oeffnung von derselben Gröfse gesehen wird. Der Farbenring, welcher bey einer einzelnen runden Oeffnung der erste nach der mittleren Kreisfläche ist, ist bey zwey runden Oeffnungen von der angegebenen Entfernung ähnlich so in Spectra abgetheilt, wie die beschriebene Kreisfläche in der Mitte, d. i. die Entfernung der in diesem Kreis enthaltenen Spectra unter sich, in

der

der Richtung vertikal auf die mitteren Streifen, ist dieselbe wie bey letzteren. Es verhalten sich demnach die Spectra im ersten Farbenring, in Hinsicht ihrer Entfernung, ähnlich so, wie die mittleren Spectra unvollkommener Art, wenn nur zwey Strahlen gegenseitig einwirken. Dasselbe ist es mit den im zweyten und dritten Farbenringe enthaltenen Spectren. Weiter von der Mitte ab werden die Spectra immer schwächer, und haben ihre Lage in parallelen Streifen. Bey der angegebenen Gröfse und Entfernung der runden Oeffnungen sind fünf solche parallele Streifen *a a*, in welchen schwache Spectra liegen, kenntlich; sie laufen mit den zuerst beschriebenen Streifen in der Mitte parallel, und sind symmetrisch. Drey andere Streifen, in welchen Spectra liegen, in den Richtungen *b b*, schliessen mit ersteren einen Winkel ein, und sind ebenfalls symmetrisch. Wenn die Erscheinung die in der Figur angegebene Lage haben soll, müssen die beyden runden Oeffnungen, durch welche das Licht fährt, vor dem Objectiv in der Richtnng *c c* stehen, was man ohnedieſs aus dem Gesagten schliefst.

Wenn die Entfernung der beyden runden Oeffnungen bey gleichem Durchmesser gröfser wird, so theilt sich die Kreisfläche in der Mitte und die Farbenringe in eine gröfsere Anzahl Spectra ab, die aber schmäler sind, ebenso wie bey Spectren mittlerer unvollkommener Art, wenn die Entfernung der zwey gegenseitig einwirkenden gebeugten Strahlen gröfser wird; der Winkel aber, welchen die parallelen Streifen *b b* mit *a a* einschliefsen, wird kleiner. Ist bey gleicher Entfernung der Mitten der runden Oeffnungen der Durchmesser derselben gröfser, so sind die Durchmesser der Farbenringe im umgekehrten Verhältnisse kleiner, aber die Entfernung der Spectra, welche sie enthalten, ist nahe dieselbe; also die Zahl derselben in einem Ringe kleiner. Ist der Durchmesser irgend zweyer runden Oeffnungen und die Entfernung ihrer Mitten gegeben, so kann man sich die Durchmesser der Farbenringe in der Richtung

parallel mit den Streifen *aa* mittelst der allgemeinen Ausdrücke, die oben Seite 18 bey der Beugung durch eine einzelne runde Oeffnung gefunden wurden, vorher berechnen; die Abtheilungen dieser Ringe, in der Richtung vertikal auf die Streifen *aa*, sind aus den Versuchen für die mittleren Spectra unvollkommener Art bey gegenseitig einwirkenden Strahlen leicht zu finden; letzteres jedoch für die der Mitte zunächst gelegenen nur näherungsweise. Man kann sich demnach die Figur, welche die durch irgend zwey bey runden Oeffnungen gebeugten Strahlen durch gegenseitige Einwirkung ententstandenen Spectra und Ringe bilden, ziemlich richtig berechnen.

Hat man in dem Blättchen, welches vor das Objectiv gestellt ist, drey runde Oeffnungen, in einer geraden Linie und in gleicher Entfernung, so ist die Erscheinung, welche durch das Fernrohr gesehen wird, in der Hauptsache nahe dieselbe, wie bey zwey runden Oeffnungen von derselben Entfernuug ihrer Mitten, mit dem Unterschiede, dafs der mittlere parallele Streifen in der Kreisfläche von dem nächsten Streifen etwas mehr abgesondert ist, d. i., dafs er schmäler ist. Diese Veränderung ist der ähnlich, welche wir oben beobachtet haben, als wir vorher zwey, dann drey, durch schmale Oeffnungen gebeugte Strahlen, gegenseitig einwirken liefsen. Mit vier runden Oeffnungen in einer geraden Linie, bey gleicher Entfernung ihrer Mitten, geschieht diese Absonderung noch mehr, und auch die übrigen Spectra werden in der Richtung vertikal auf die Streifen *aa* schmäler, die Farben aber lebhafter. Bey Zunahme der Anzahl der durch gleiche runde Oeffnungen, die in einer geraden Linie liegen, gebeugten Strahlen, wird diese Absonderung immer kenntlicher.

Sind in das Blättchen, welches vor das Objectiv gestellt ist, vier Oeffnungen gebohrt, deren Mittelpunkte die Ecken eines Quadra-

drates bilden, so ist die Kreisfläche in der Mitte, welche bey zwey runden Oeffnungen in parallele Streifen abgetheilt ist, in der Richtung vertikal auf diese Streifen eben so abgetheilt, so dafs die Figur wie Tab. IV. entsteht. In dem Blättchen, welches ich brauchte, als ich die Figur der Spectra erhielt, welche die Zeichnung darstellt, war der Durchmesser jeder runden Oeffnung 0,01596 Zoll, und ihre Mittelpunkte waren 0,02897 Zoll voneinander entfernt*). Bey diesen Blättchen verhalten sich in der durch dieselben entstandene Erscheinung die Abtheilungen der Kreisfläche in der Mitte, nach zwey Richtungen, die sich durchkreuzen, eben so, wie bey zwey runden Oeffnungen die Abtheilungen dieser Kreisfläche in parallele Streifen. Es entstehen demnach bey dem gebrauchten Blättchen in der Mitte der Figur neun Quadrate, die durch Querdurchschnitte der drey mittleren Streifen entstehen, die wir bey zwey runden Oeffnungen beobachtet haben. Die Ecken dieser Quadrate sind abgerundet. Das mittlere Quadrat ist in der Mitte weifs, und nur an den Rändern roth, die übrigen Quadrate sind gegen das mittlere blau, nach aussen roth. Die Farbenspectra aufserhalb der Kreisfläche, in der Richtung parallel mit den Streifen *a a*, verhalten sich ungefähr so, wie die in den Farbenringen bey zwey runden Oeffnungen in derselben Richtung, und man kann daher die Gröfse dieser Spectra, so wie die in der Mitte, ungefähr wie bey zwey Oeffnungen berechnen, wenn die Gröfse der Oeffnungen und ihre Entfernungen bekannt sind. Die Lage der Spectra in der Richtung parallel mit den Streifen *c c* ist aus dem angeführten noch nicht mit Sicherheit abzuleiten. Auf diese Spectra hat eine kleine Ungleichheit in

*) Es ist sehr schwer, vier Löcher zu bohren, dafs ihre Mittelpunkte so genau ein Quadrat bilden, als es nöthig ist. Auf einen Theil der auf diese Weise entstandenen Spectra hat eine kleine Ungleichheit in der Gröfse und Entfernung der Oeffnungen sehr merklichen Einflufs. Bey den gebrauchten Blättchen waren die Mafse eben nicht vollkommen gleich.

in der Entfernung der runden Oeffnungen grofsen Einfluſs, und es sind daher noch mehr Versuche nöthig. Weiter von der Mitte ab liegen die immer schwächer werdenden Spectra in parallelen Streifen, wovon fünf kenntliche in der Richtung wie die Streifen *aa* fortlaufen; fünf schmälere laufen in der Richtung wie *cc* fort, und schlieſsen mit ersteren einen Winkel von 45° ein. Zwischen ersteren und letzteren sind noch drey Streifen *bb* sichtbar, in welchen Spectra liegen; der Winkel, welchen sie mit *aa* einschlieſsen, ändert sich jedoch, wenn die Entfernung der runden Oeffnungen sich ändert.

Wird bey derselben Gröfse der runden, ein Quadrat bildenden, Oeffnungen ihre Entfernung gröfser; so theilt sich die Kreisfläche in der Mitte in eine gröfsere Anzahl Quadrate ab, die daher kleiner sind; eben so, wie bey zwey runden Oeffnungen die Abtheilungen der Kreisfläche in parallele Streifen kleiner werden, wenn die Entfernung der runden Oeffnungen wächst. Aehnlich so verhält es sich mit den Spectren in den Farbenringen. Ist bey einerley Entfernung der Mitten der runden Oeffnungen ihr Durchmesser kleiner, so bleibt zwar die Gröfse der einzelnen Quadrate in der mittleren Kreisfläche nahe dieselbe, da aber der Durchmesser der Kreisfläche, welche diese Quadrate enthält, in diesem Falle gröfser ist, so enthält sie mehr derselben.

Enthält der Schirm, der vor das Objectiv gestellt ist, mehrere gleiche runde Oeffnungen, welche die Lage haben, dafs die Mitten von je vier derselben ein Quadrat bilden, und es sind alle Quadrate gleich; so bleibt die Erscheinung ungefähr dieselbe, wie wenn man blos vier Oeffnungen hat, mit dem Unterschiede, dafs die Spectra, die sie bilden, besonders in der Mitte, um so mehr abgesondert und lebhafter erscheinen, je mehr der Schirm runde Oeffnungen enthält, deren Mitten zusammenhängende Quadrate bilden.

Die-

Diese Veränderung ist der ganz ähnlich, welche entsteht, wenn man vorher zwey, dann mehrere gleiche runde Oeffnungen in gleicher Entfernung in einer geraden Linie hat.

Die Gruppirung der Farbenspectra, welche Tab. V. darstellt, entsteht, wenn das Licht durch drey gleiche runde Oeffnungen fährt, deren Mittelpunkte ein gleichseitiges Dreyeck bilden. Der Durchmesser der runden Oeffnungen, bey welchen ich diese Figur erhielt, war 0,0175 Zoll, und die Entfernung ihrer Mittelpunkte von einander 0,0302 Zoll. Die Fläche, welche bey einer einzelnen runden Oeffnung in der Mitte der Farbenringe gesehen wird, enthält bey drey runden Oeffnungen von der angegebenen Gröfse, Lage und Entfernung, sieben kleine runde Flächen, die da, wo sie sich berühren, etwas abgeplattet erscheinen. Die mittlere runde Fläche ist weifs, und nur am Rande etwas roth; die übrigen sind gegen erstere zu blau, nach aussen roth. Wenn die Entfernung der runden Oeffnungen, bey einerley Durchmesser derselben, gröfser wird, so sieht man in der Mitte eine gröfsere Anzahl runder Flächen, die aber kleiner sind. Die Veränderungen dieser runden Flächen, so wie auch die der Spectra in den Farbenringen, verhalten sich ähnlich so, wie die bey vier runden Oeffnungen, die ein Quadrat bilden. Bey einer grofsen Anzahl runder Oeffnungen, wo immer drey ein gleichseitiges Dreyeck bilden, sind die Spectra in Hinsicht ihrer Breite völlig abgesondert, und aus den sechs runden Flächen, die im angegebenen Falle um die mittlere runde Fläche herum liegen, entstehen sechs schmale lebhafte symmetrische Farbenspectra, die nicht mehr zusammenhängen. Auch die übrigen Spectra werden schmäler und lebhafter. Eine ähnliche Art schmaler aber vollkommener Spectra werden wir unten beschrieben sehen. Wenn die Spectra die Lage haben sollen, wie in der Figur, so müssen die drey runden Oeffnungen vor dem Fernrohr die Stellung wie *a b c* haben. Bey drey runden Oeffnungen, die ein Dreyeck bilden, liegen

gen

gen weiter von der Mitte die Spectra in parallelen Streifen, die im ganzen Bilde nach zwölf Richtungen auslaufen.

Eine der schönsten optischen Erscheinungen ist die, welche Tab. VI. darstellt. Sie entsteht, wenn man das Licht, welches am Heliostat durch eine runde Oeffnung einfällt, durch eine grofse Anzahl viereckiger Oeffnungen, die gleich grofs und gleich weit von einander entfernt sind, auf das Objectiv des Fernrohrs fahren läfst. Die Mittelpunkte der Oeffnungen bilden demnach Quadrate. Solche viereckige Oeffnungen entstehen z. B. auch, wenn man zwey gleiche Gitter aus parallelen Fäden quer übereinander legt. Jeder Streifen, z. B. H_{II}^{II} C_{II}^{II} stellt ein vollkommenes Farbenspectrum dar, wovon das violete Ende nach der Mitte, das rothe Ende nach Aussen gekehrt ist. An einigen Orten fallen die Spectra ineinander; an sehr vielen sind sie isolirt und vollkommen symmetrisch. Die Ursache der Entstehung dieser Figur wird folgendes lehren. Wir wissen aus den Versuchen mit den Spectren mittlerer vollkommener Art, dafs, wenn man ein Gitter aus parallelen Fäden vor dem Fernrohr stehen hat, und das Licht durch eine runde Oeffnung am Heliostat einfällt, die Farbenspectra um so schmäler sind, je kleiner die Oeffnung am Heliostat ist. Man wird demnach durch das Fernrohr in der Mitte die runde Oeffnung am Heliostat, und zu beyden Seiten derselben die symmetrischen Spectra wie Tab. VI. das erste Spectrum H_I^{II} C_I^{II}, das zweyte H_I^{III} C_I^{III}, das mit diesem zusammenhängende dritte H_I^{IV} C_I^{IV} u. s. w. sehen. Die folgenden Spectra decken sich gegenseitig immer mehr, wie wir wissen. Nach dem Gesetze, welches wir oben gefunden haben, ist die Entfernung von der Axe (der Mitte) bis zum violeten Ende des ersten Spectrum gleich der Differenz, welche man erhält, wenn man genannte Entfernung von der Entfernung des violeten Endes des zweyten Spectrum von der Axe abzieht, und man erhält dieselbe Differenz, wenn man von der Entfernung des violeten Endes des dritten Spectrum von der Axe, jene

des

des zweyten Spectrum abzieht u. s. w., das ist, die Differenzen sind gleich; also sind in der Figur die Entfernungen $H_1^{II} H_1^{III}$, $H_1^{III} H_1^{IV}$, $H_1^{IV} H_1^{V}$ u. s. w. gleich. Dasselbe ist es für jede andere Art farbiger Strahlen; also auch für die rothen, und daher sind auch die Entfernungen $C_1^{II} C_1^{III}$, $C_1^{III} C_1^{IV}$, $C_1^{IV} C_1^{V}$ u. s. w. gleich. Die Gröfse eines solchen Abstandes von einem rothen Ende eines Spectrum bis zum rothen Ende des nächsten werde ich C nennen; für die violeten Strahlen sey diese Bezeichnung H. Demnach ist der Abstand des violeten Endes des ersten Spectrum von der Axe, das ist $H_1^{II} = H$; der des zweyten $H_1^{III} = 2\,H$; der des dritten $H_1^{IV} = 3\,H$ u. s. w. Für die rothen Strahlen ist eben so $C_1^{II} = C$; $C_1^{III} = 2\,C$; $C_1^{IV} = 3\,C$ u. s. w. Nehmen wir an, es fallen auf das Objectiv Lichtstrahlen, die das *homogene* Farbenspectrum $H_1^{II} C_1^{II}$ bilden, dessen Lage im Fernrohr horizontal ist. Bringt man in diesem Falle vor das Objectiv ein Gitter aus parallelen Fäden in der Lage, dafs die Fäden horizontal laufen, so wird dieses Gitter seine Spectra in vertikaler Richtung haben. Bey der Voraussetzung des auffallenden Lichtes wird das Gitter den violeten Strahl des ersten Spectrum in $H_{II}^{II} = H$ haben; den des zweyten in $H_{III}^{II} = 2\,H$; den des dritten in $H_{IV}^{II} = 3\,H$; den des vierten $H_{V}^{II} = 4\,H$. u. s. w. Die rothen Strahlen werden ebenfalls in der Verlängerung einer vertikalen geraden Linie liegen; nämlich in $C_{II}^{II} = C$ für das erste Spectrum; in $C_{III}^{II} = 2\,C$ für das zweyte; in $C_{IV}^{II} = 3\,C$ für das dritte u. s. w. Die zwischenliegenden Strahlen z. B. die grünen werden ihre Lage nach demselben Gesetze haben, und daher wird $H_{II}^{II} C_{II}^{II}$ ein vollständiges Farbenspectrum seyn, welches wegen des Gesetzes, nach welchem das Gitter auf die verschiedenfarbigen Strahlen wirkt, eine schiefe Lage hat. Das zweyte Farbenspectrum, welches durch das angenommene Gitter entsteht, wird $H_{III}^{II} C_{III}^{II}$ seyn; es ist, weil $C_{III}^{II} = 2\,C$ und $H_{III}^{II} = 2\,H$, länger als das erste, und hat aus denselben Gründen eine gegen die Horizontallinie weniger geneigte Lage. Das dritte Spectrum $H_{IV}^{II} C_{IV}^{II}$ ist aus derselben Ursache länger

als

als das zweyte, und weniger geneigt u. s. w. Fallen mit den Strahlen, die als auffallend angenommen wurden, noch andere auf, die ohne Gitter mit horizontalen Fäden die sich theilweis deckenden Spectra $H_I^{III} C_I^{III}$, $H_I^{IV} C_I^{IV}$, $H_I^{V} C_I^{V}$ u. s. w. bilden, so werden durch das Gitter mit den horizontalen Fäden z. B. die Strahlen $H_I^{III} C_I^{III}$ ihr erstes Spectrum in $H_{II}^{III} C_{II}^{III}$, ihr zweytes in $H_{III}^{III} C_{III}^{III}$, ihr drittes in $H_{IV}^{III} C_{IV}^{III}$ u. s. w. haben, die ebenfalls länger werden, und ihre schiefe Lage ändern. Die auffallenden Strahlen, welche $H_I^{IV} C_I^{IV}$ bilden, werden durch das Gitter ihr erstes Spectrum in $H_{II}^{IV} C_{II}^{IV}$, ihr zweytes in $H_{III}^{IV} C_{III}^{IV}$, ihr drittes in $H_{IV}^{IV} C_{IV}^{IV}$ u. s. w. haben, und werden, so wie die vorher beschriebenen, symmetrisch seyn. Dasselbe geschieht den übrigen, als auffallend angenommenen Strahlen. Hat man vor dem Fernrohr ein Gitter mit parallelen vertikal-laufenden Fäden stehen, so fallen bekanntlich die Strahlen auf das Objectiv, so wie wir sie uns in obigen Fällen als auffallend gedacht haben; stellt man hinter dieses Gitter ein gleiches mit horizontallaufenden Fäden, so ist die Bedingnifs erfüllt, und es mufs mit diesen beyden Gittern die Lage der verschiedenen Spectra gesehen werden, wie sie Tab. VI. darstellt. Es ist ganz gleichgiltig, ob man das eine oder das andere Gitter vornhin stellt, oder dahin gestellt sich denkt, und daher ist z. B. $H_{III}^{II} C_{III}^{II}$ das zweyte Spectrum in vertikaler Richtung und zugleich das erste in horizontaler Richtung; $H_{IV}^{V} C_{IV}^{V}$ ist das dritte vertikal, das vierte horizontal u. s. w., was auch die Ursache ist, wefswegen die Spectra an ihren Enden nicht schief sind, sondern vertikal abgeschnitten scheinen. Die Figur auf Tab. VI. entsteht demnach durch zwey Mafse H und C, welche die Differenzen der Glieder einer arithmetischen Reihe sind, wo jede nach zwey unter einem rechten Winkel sich durchschneidenden Richtungen symmetrisch fortläuft. Das erste Glied dieser Reihe ist, wie wir wissen, der Differenz gleich. Genanntes Verhältnifs ist die Ursache der Regelmäfsigkeit in der Lage der verschiedenen Spectra; hierin ist auch der Grund zu suchen, warum z. B. die Spectra $H_{III}^{III} C_{III}^{III}$, $H_{IV}^{IV} C_{IV}^{IV}$, $H_{V}^{V} C_{V}^{V}$ u. s. w. in eine gerade Linie fallen.

Bey

Bey verschiedenen Gittern von der beschriebenen Art verhalten sich die Abstände der Farbenspectra von der Mitte, oder die Gröfse derselben, umgekehrt wie die Entfernungen der Mitten der Zwischenräume des Gitters.

Die beschriebenen Spectra sind, wie wir aus ihrer Entstehung sehen, mittlere vollkommener Art, mit dem Unterschiede, dafs in ihnen die Linien und Streifen nicht gesehen werden können; theils weil die runde Oeffnung am Heliostat nicht zu klein gemacht werden darf, damit in dem grofsen Raume noch Licht genug ist, und bey grofser Oeffnung die Linien aus bekannten Gründen nicht gesehen werden können; theils weil bey einer sehr kleinen Oeffnung die Spectra auch sehr schmal sind, also nur eine Linie bilden, in einer Linie aber nicht wieder Querlinien gesehen werden können. Auch die Spectra äusserer Art sieht man mit Quergittern, die nicht sehr fein sind; sie bilden meist eine eigene sonderbare Figur. Ich habe zu diesen Versuchen gewöhnlich zwey Gitter, wie Nro. 10. gebraucht.

Wenn man zwey ungleiche Gitter quer hintereinander stellt, so ist die Gröfse der Farbenspectra nach einer Richtung anders, als nach der anderen. Sind z. B. die Entfernungen der Mitten der Zwischenräume desjenigen Gitters, dessen Fäden horizontal laufen, gröfser als die, welche vertikal laufen, so werden die Mafse H und C in horizontaler Richtung gröfser seyn, als in vertikaler, und zwar in umgekehrtem Verhältnifs der Entfernung der Mitten der Zwischenräume. Die Lage der Farbenspectra ändert sich demnach im angegebenen Verhältnifse, und sie bleiben doch symmetrisch.

Stellt man zwey Gitter so hintereinander, dafs die Fäden sich nicht unten einem Winkel von 90° durchschneiden, sondern unter irgend einem andern; so werden die viereckigen Oeffnungen, welche durch diese beyden Gitter gebildet werden, Rauten seyn, und die Lage der Farbenspectra, die in diesem Falle geschen werden, weicht um so mehr von jener ab, welche Tab. VI. darstellt, je

mehr genannter Winkel von 90° abweicht; doch ist diese Lage in allen Fällen symmetrisch.

Die Erscheinungen durch gegenseitiges Einwirken des durch runde und eckige Oeffnungen gebeugten Lichtes können ins Unendliche abgeändert werden, aber immer lassen sie sich auf dieselben Gesetze zurückführen.

Der dünne Theil des Bartes der meisten Vogelfedern enthält, mit dem Mikroskope besehen, regelmäfsige kleine Zwischenräume. Schon wenn man mit unbewaffnetem Auge durch diesen Bart nach einem nicht zu nahe gelegenen stark leuchtenden Punkte sieht, erkennt man Farbenspectra, die eine eigene Lage haben. Bringt man einen solchen Bart vor das Fernrohr, und läfst Sonnenlicht durch denselben fahren, welches durch eine runde Oeffnung am Heliostat einfällt, so sieht man Spectra äusserer und mittlerer Art, die eine sonderbare Lage haben. Die Spectra, welche man schon mit unbewaffnetem Auge durch den Bart der Federn sieht, sind die äusserer Art, die sehr grofs sind, aber schwaches Licht haben, wefswegen sie durch das stark vergröfsernde Fernrohr leicht übersehen werden, wenn man nicht auf ihre Entfernung von der Axe aufmerksam ist.

Bey einigen Gittern aus parallelen Fäden glaubt man ausserhalb des Raumes, den die Breite der Spectra einnimmt, also im dunklen Felde, die Fäden des Gitters selbst durch das Fernrohr zu sehen, was doch, wenn man den Weg des Lichtes verfolgt, nicht möglich ist; man könnte vielleicht glauben, dieses Licht gelange durch innere Reflexion an den Flächen des Objectivs dahin. Aber diefs ist nicht der Fall, denn man kann das Okular, selbst einen Zoll hineinschieben oder herausziehen, und die Fäden bleiben immer sichtbar. Diese Fäden haben auch eine eigene Farbe; es ist nämlich immer einer rothgelb, der andere blaugrün, der dritte wieder roth-

gelb

gelb u. s. w. Ich werde bey einer andern Gelegenheit auf diesen Gegenstand zurückkommen.

Interessant ist auch die Erscheinung, welche man durch ein Fernrohr beobachtet, wenn man das Licht durch eine dreyeckige gleichseitige Oeffnung auf das Objectiv fallen läfst.

Es möchte auffallen, wie den Naturforschern bis jetzt so viele Erscheinungen entgehen konnten, und dafs sie z. B. das einfache Gesetz, nach welchem bey einer einzelnen Oeffnung, die Ablenkung des Lichtes sich umgekehrt verhält, wie die Breite der Oeffnung, nicht fanden, sondern von diesem weit abweichende Resultate erhielten. Die Ursache liegt in der Beobachtungsweise. Man würde in ähnliche Irrthümer gerathen, wenn man z. B. den Weg des farbigen Lichtes durch Glaslinsen dadurch bestimmen wollte, dafs man das durch dieselben gebrochene Licht in verschiedenen Entfernungen auffängt und mifst. Diese Beobachtungsweise ist schuld, dafs den Naturforschern die Erscheinungen durch gegenseitige Einwirkungen der Strahlen entgiengen*), welche erst mit den Gesetzen der Beugung genau bekannt machen; denn wenn man das Licht, welches z. B. durch ein Gitter gefahren ist, mit einer weifsen Fläche oder einem mattgeschliffenen Glase auffängt, so sieht man auch nicht in kleinem Mafsstab das, was man durch ein Fernrohr mit dem Gitter beobachtet, und erkennt überhaupt nichts; die Ursache davon ist leicht einzusehen.

Es ist merkwürdig, dafs die gefundenen Gesetze der gegenseitigen Einwirkung und Beugung der Strahlen sich aus den Prinzipien der wellenförmigen Bewegung (Undulation) folgern lassen; dafs man blos aus dem Winkel der Ablenkung des Lichtes durch gegenseitige Einwirkung und der Entfernung, in welcher die Strahlen gegen-

*) T. Young hatte schon beobachtet, dafs die Farbensäume, welche man im Innern des Schattens eines Haares beobachtet, verschwinden, wenn man einen Rand zudeckt, so dafs also die beyden an den Rändern des Haares vorbeygehenden Strahlen zur Hervorbringung der inneren Farbensäume zusammenwirken müssen.

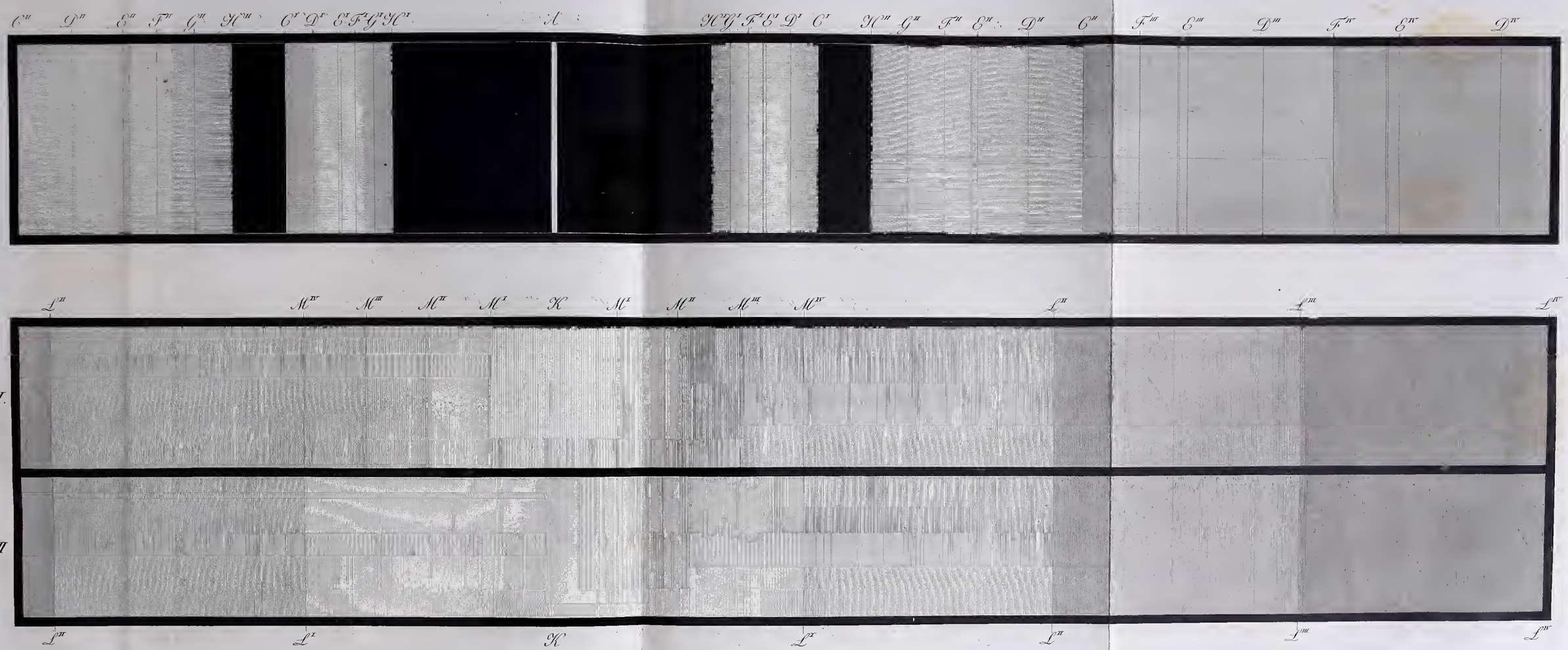
genseitig einwirkten, die Gröfse einer Schwingung des Lichtes für jede Farbe desselben durch eine äufserst einfache Gleichung ableiten kann, und dafs diese Bestimmungen in den verschiedensten Fällen im hohen Grad genau übereinstimmen; ferner, dafs dieselben Prinzipe eine Erklärung der Ursache der Entstehung der Linien und Streifen, die in dem durch ein Prisma gebildeten Farbenspectrum gesehen werden, zulassen u. s. w. Ich werde bey einer andern Gelegenheit die Theorie der gegenseitigen Einwirkung und Beugung der Lichtstrahlen bekannt machen.

Die Erscheinungen durch gegenseitige Einwirkung und Beugung des Lichtes sind, wie wir aus den gefundenen Gesetzen sehen, unzählig mannigfaltig, und was man bisher davon kannte, sind nur wenige spezielle Fälle. Die Theorie wird uns auch mit denjenigen Erscheinungen bekannt machen, welche man auf dem von mir eingeschlagenen Wege keiner weitern Untersuchung unterwerfen kann*).

Ich kann nicht oft genug wiederholen, dafs alles, was man zu diesen Versuchen braucht, im hohen Grade vollkommen seyn soll; man kann das z. B. aus dem Verhalten der Dimensionen eines Gitters zur Gröfse der Spectra u. s. w. leicht abnehmen. Eine unbedeutend scheinende Ungleichheit oder Unvollkommenheit kann grosse Undeutlichkeit oder ein ganzes Verlöschen der Erscheinungen hervorbringen; daher man wohl überlegen mufs, was von schädlichem Einflufse ist. Mehr als bey allen übrigen optischen Erscheinungen mufs man sich bey diesen vor Täuschungen zu schützen suchen.

Es wird mir Belohnung genug seyn, wenn ich durch Bekanntmachung gegenwärtiger Versuche die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf diesen Gegenstand gelenkt haben werde, der für die physische Optik noch viel verspricht, und ein neues Feld zu eröffnen scheint.

*) Dahin gehören: die Farbensäume, die im Schatten eines einzelnen Randes eines Körpers gesehen werden; auch die Erscheinungen, welche Hr. Hofrath Mayer unlängst beobachtet und in den Göttinger Commentaren Vol. IV. pag. 49 beschrieben hat.



Zu Fraunhofers Gesetze der Beugung des Lichtes. Denksch. B. VIII.

Fraunhofer del et sculpt

Fig. 1.

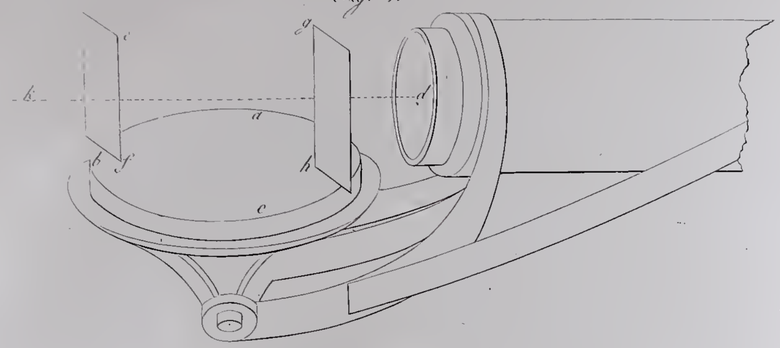


Fig. 2

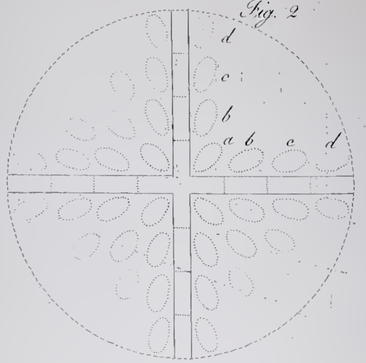


Fig. 3.

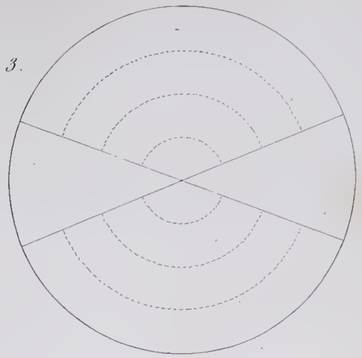


Fig. 4.

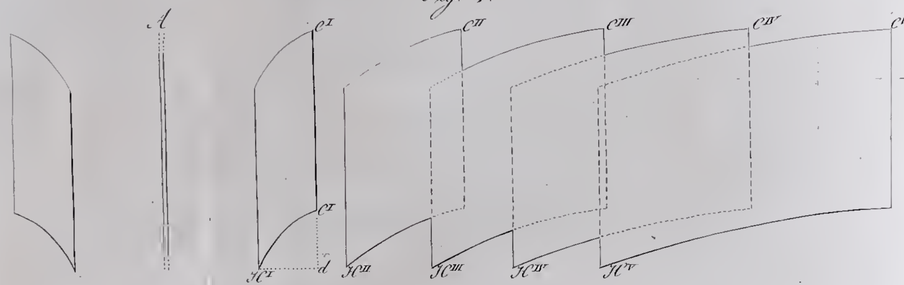


Fig. 5.

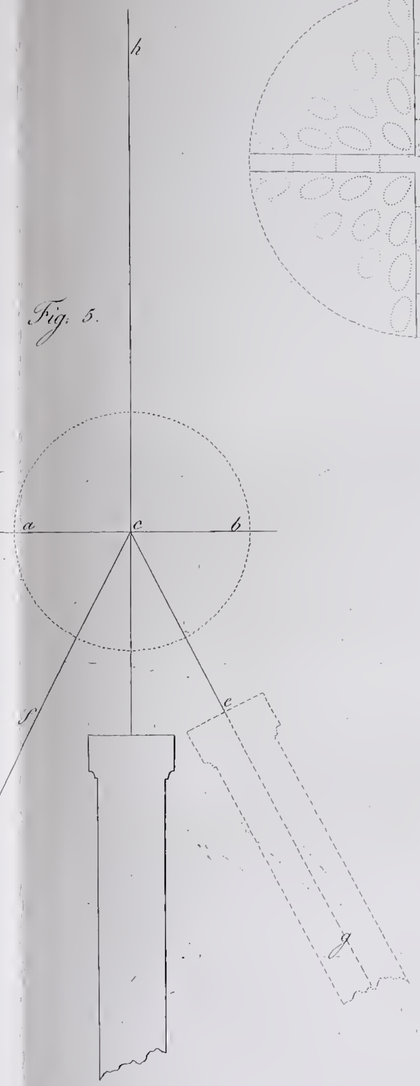


Fig. 6

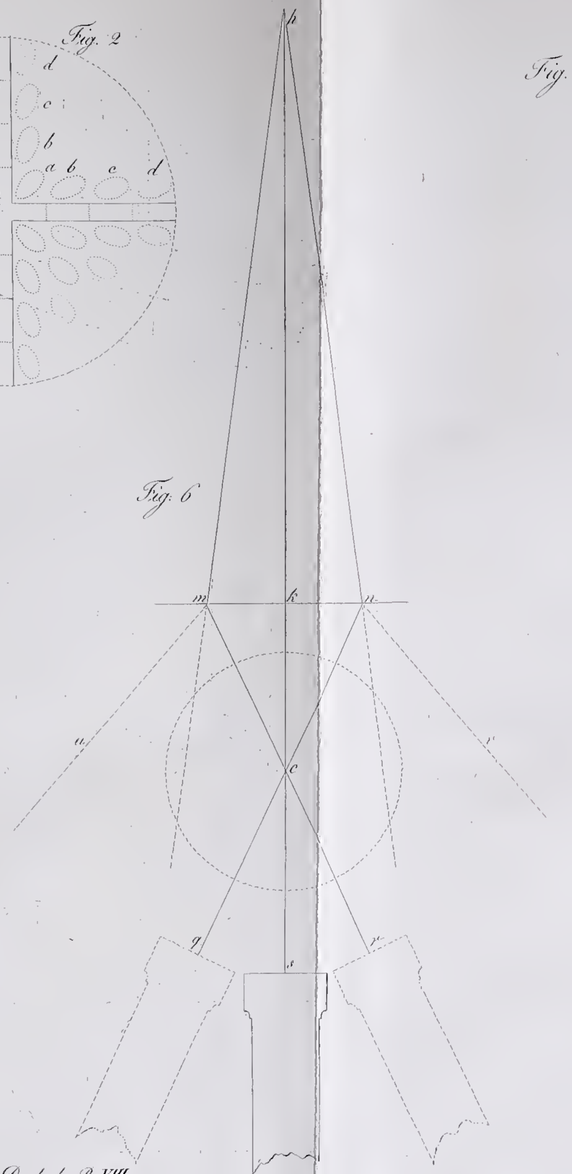


Fig. 7.

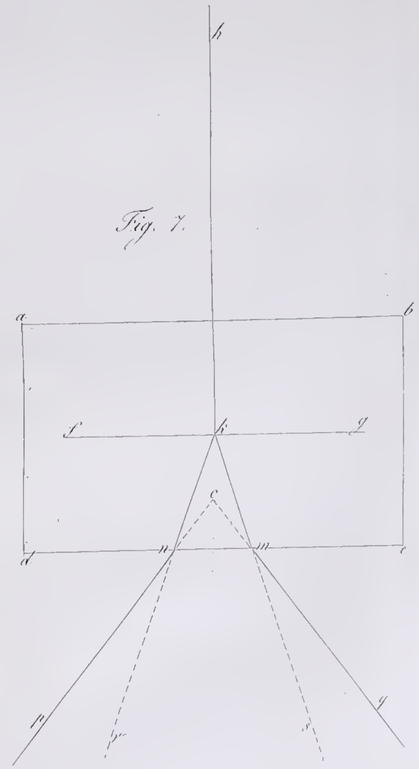
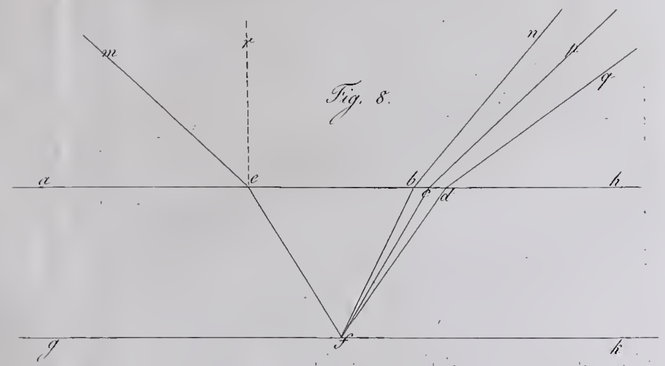
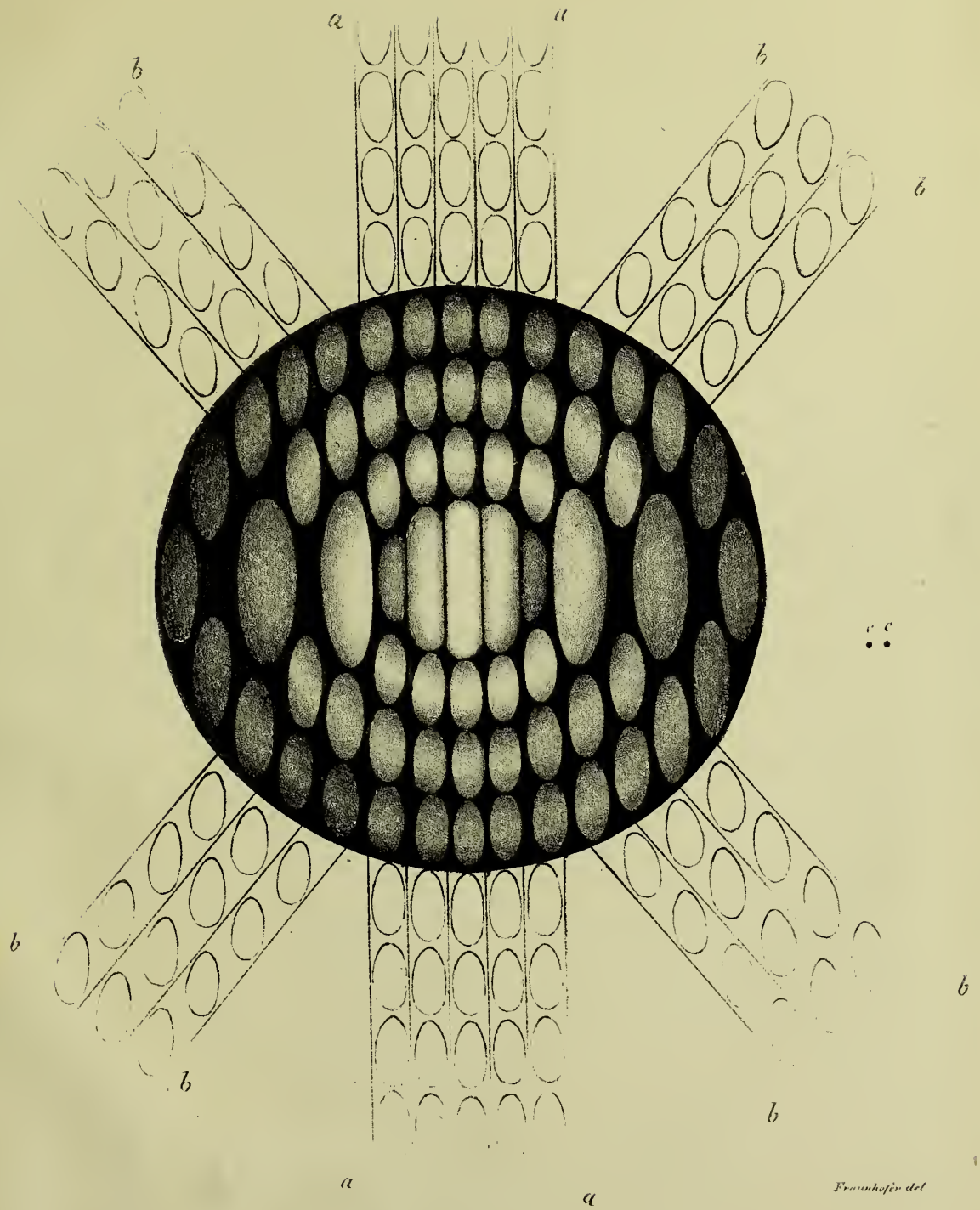


Fig. 8.

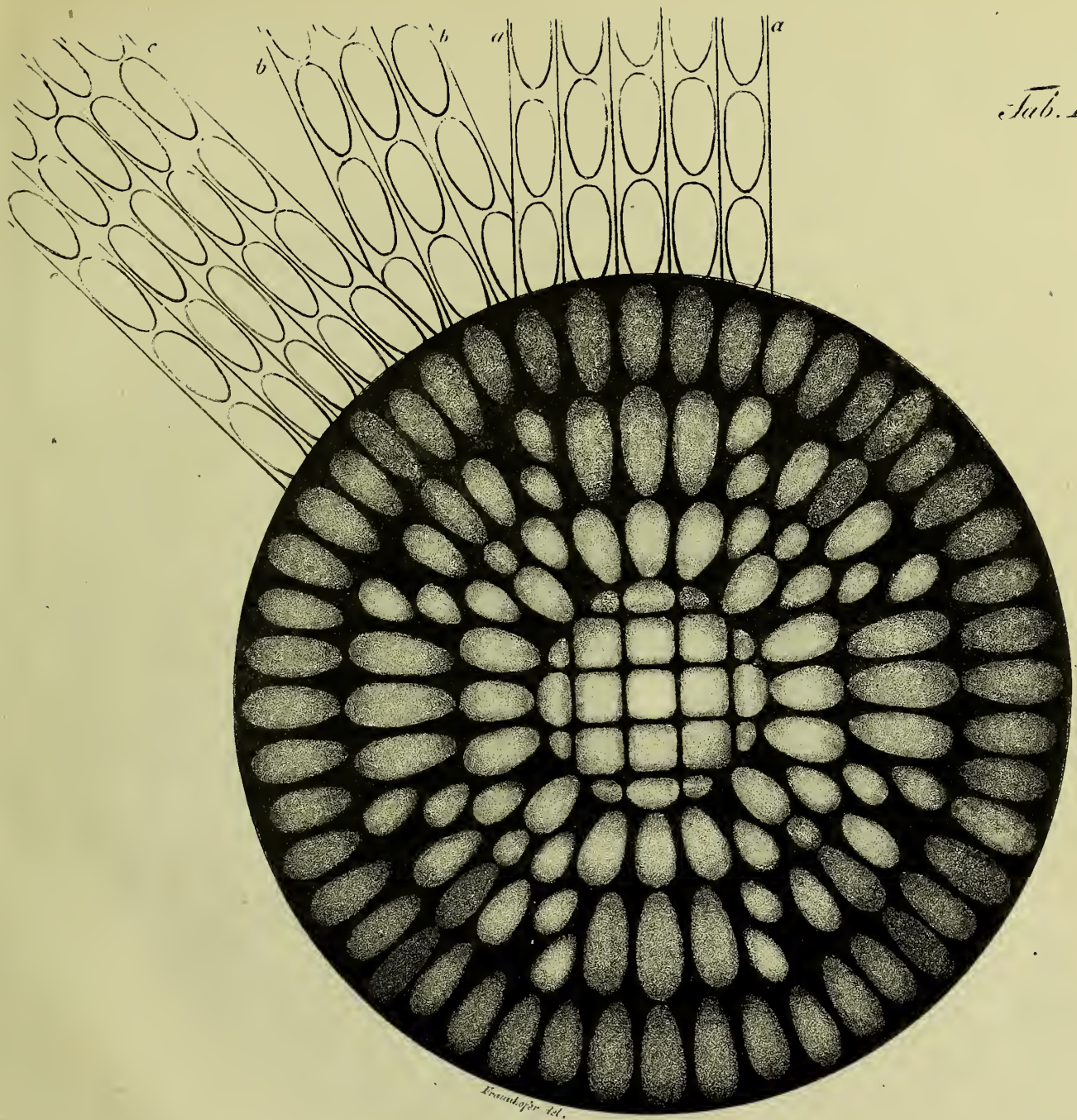


Fraunhofer del.

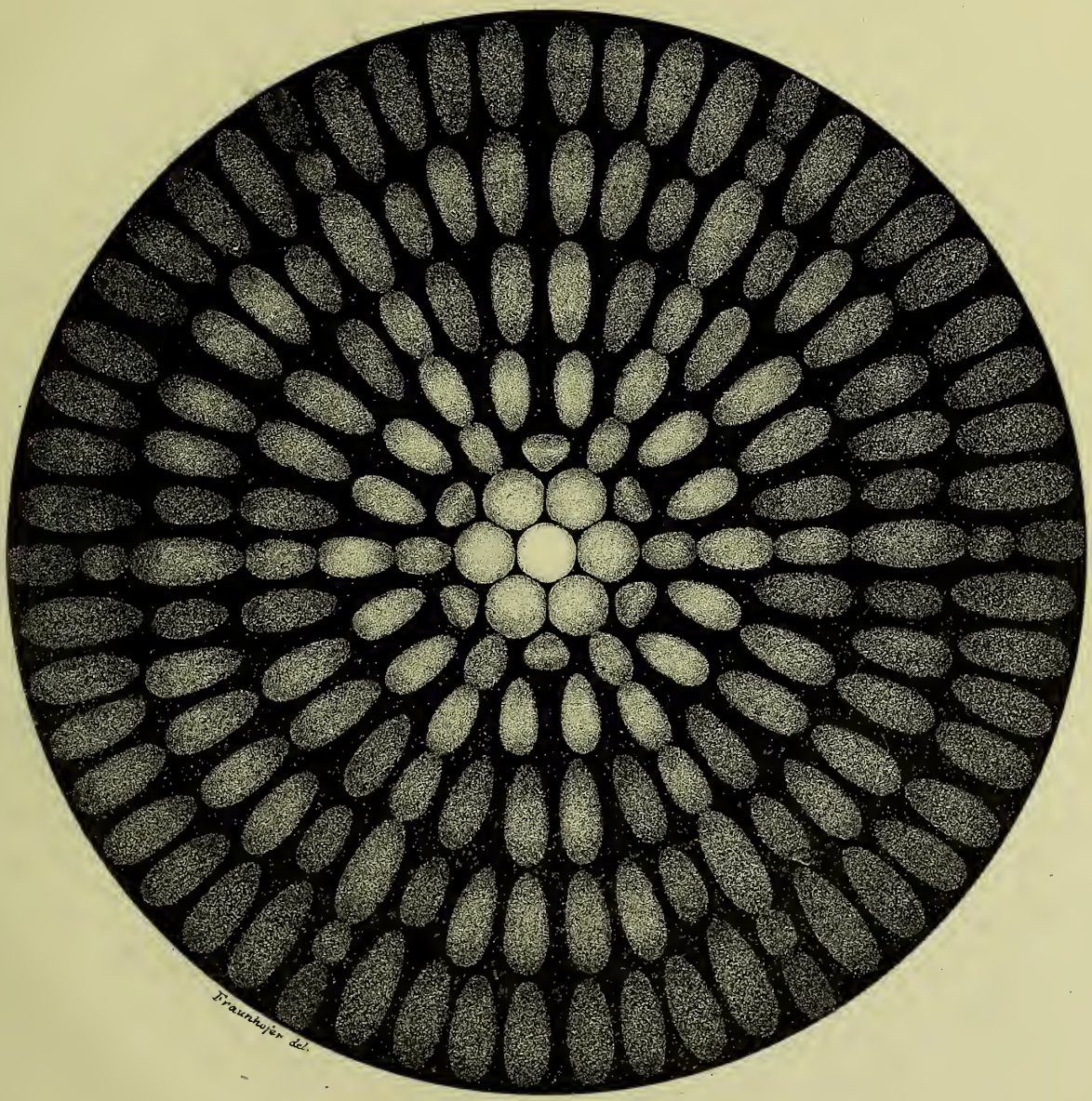
Zu Fraunhofer's Gesetze der Beugung des Lichtes. Denksch. B. VIII.

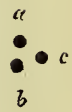


Zu Fraunhofer's Gesetze der Beugung des Lichtes. Denksch. B. VIII.

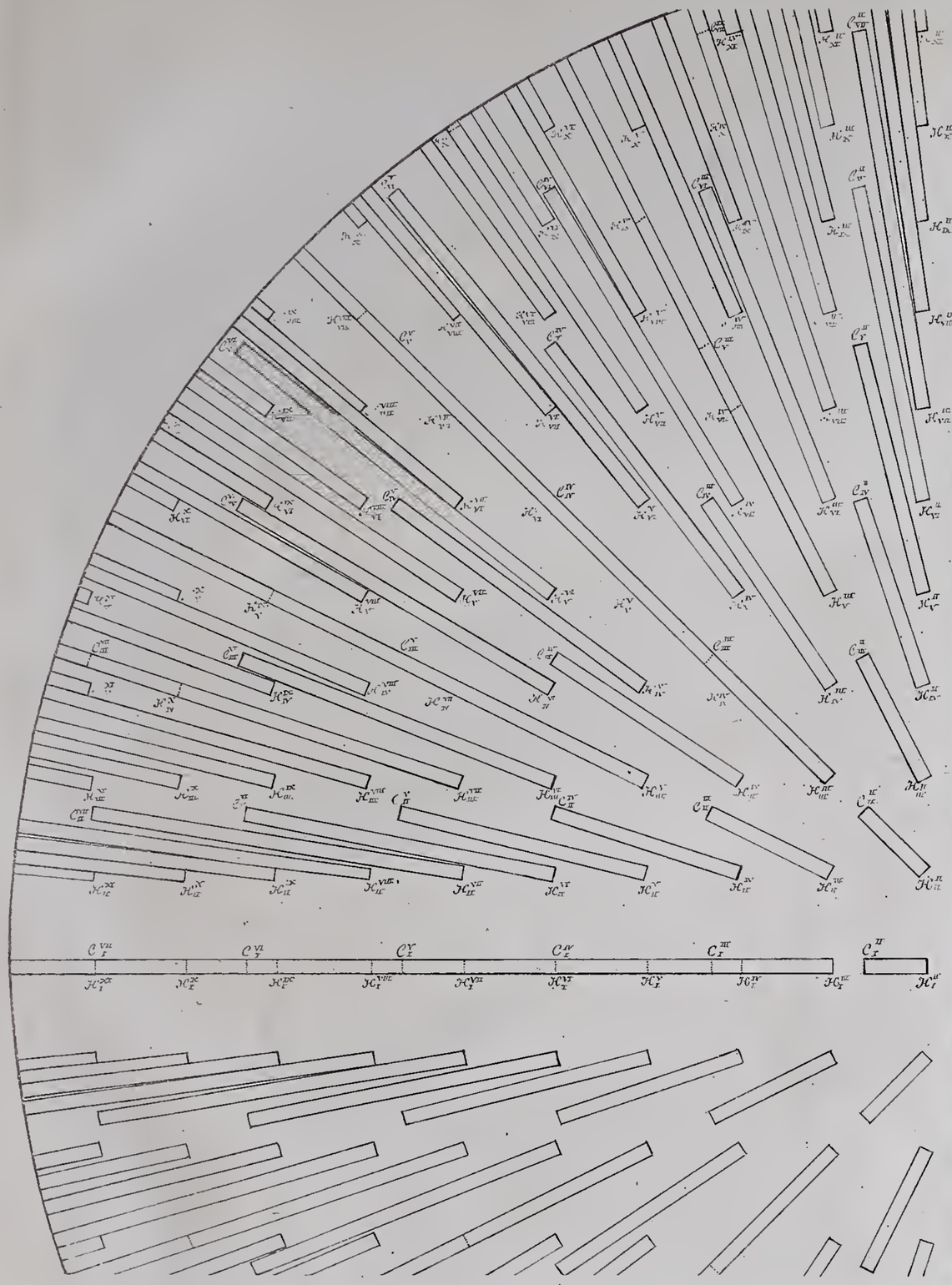


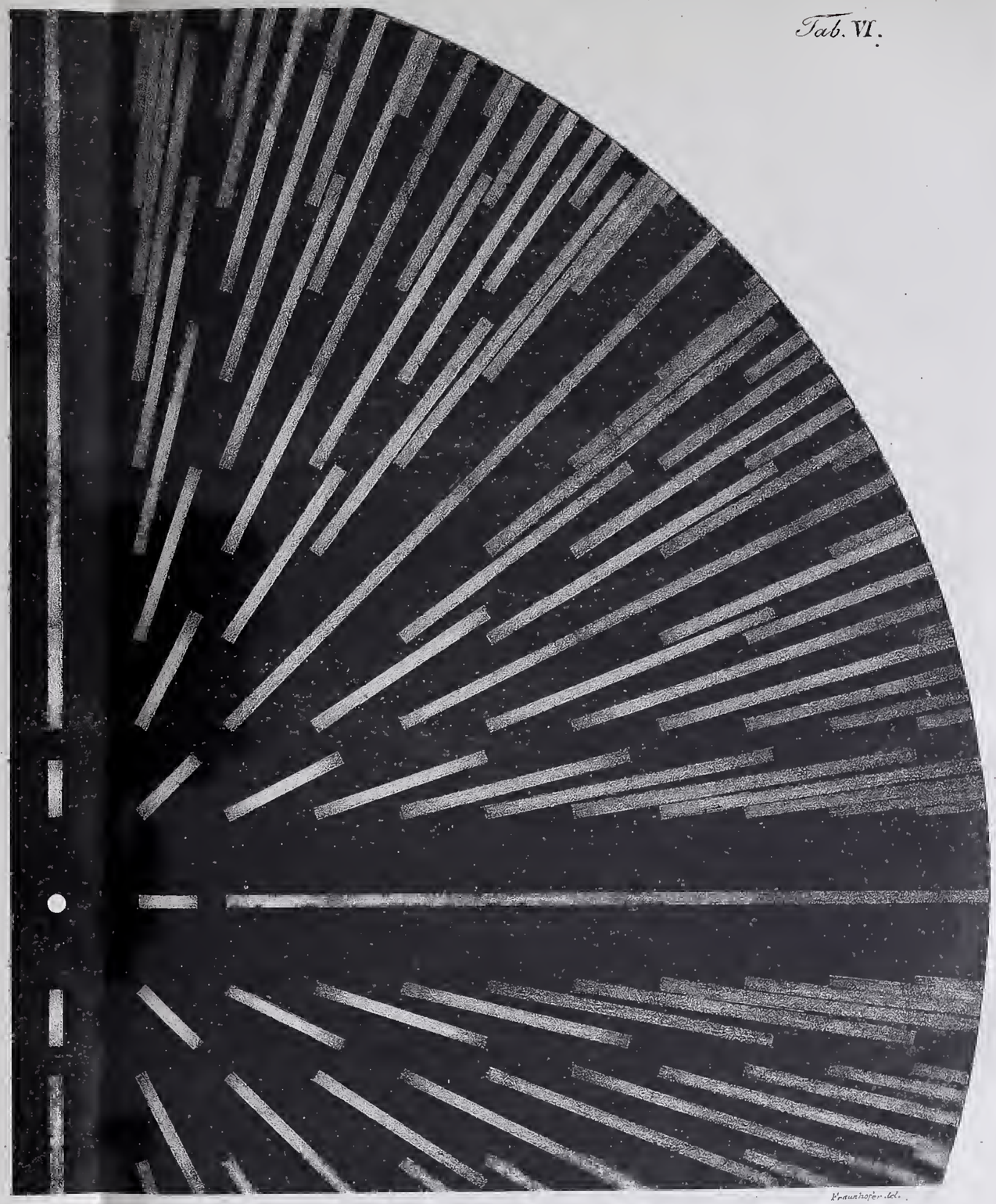
Zu Fraunhofers Gesetze der Beugung des Lichtes. Denkschr. Bd. VIII.





Zu Fraunhofers Gesetze der Beugung des Lichtes. Denksch. B. VIII.





Fraunhofer del.

Zu Fraunhofer's Gesetze der Beugung des Lichtes. Denksch. B. VIII.